

LES
LOIS DU CHOC DES CORPS
D'APRÈS MALEBRANCHE

THÈSE COMPLÉMENTAIRE

POUR LE DOCTORAT ÈS-LETTRES

présentée à la Faculté des Lettres de l'Université de Paris

PAR P. MOUY

Professeur Agrégé de Philosophie au Lycée d'Amiens

PARIS

LIBRAIRIE PHILOSOPHIQUE J. VRIN

6, PLACE DE LA SORBONNE (V^e)

1927

A MON MAÎTRE

M. LÉON BRUNSCHVIG

EN QUI J'AI TOUJOURS TROUVÉ

DEPUIS VINGT ANS

LE GUIDE LE PLUS SÛR ET LE PLUS AFFECTUEUX

LES
LOIS DU CHOC DES CORPS
D'APRÈS MALEBRANCHE

LES
LOIS DU CHOC DES CORPS
D'APRÈS MALEBRANCHE

THÈSE COMPLÉMENTAIRE

POUR LE DOCTORAT ÈS-LETTRES

présentée à la Faculté des Lettres de l'Université de Paris

PAR P. MOUY

Professeur Agrégé de Philosophie au Lycée d'Amiens

PARIS
LIBRAIRIE PHILOSOPHIQUE J. VRIN
6, PLACE DE LA SORBONNE (Ve)
1927



INTRODUCTION

Suivant la philosophie de Malebranche, les lois du choc des corps, « les lois de la communication des mouvements », règlent, selon la volonté de Dieu, l'action des causes occasionnelles et sont l'application de la philosophie cartésienne des idées claires. En vertu de l'occasionalisme, le choc est l'occasion qui manifeste l'efficacité de Dieu et fait connaître les décrets divins relatifs au monde matériel : « ...Dieu, par la première des lois « naturelles [*le principe d'inertie*] veut positivement et « fait par conséquent le choc des corps et... il se sert « ensuite de ce choc qui l'oblige à varier son action, à « cause que les corps sont impénétrables, comme d'une « occasion pour établir la seconde loi naturelle [*la loi « générale du choc*] qui règle la communication des « mouvements ; et... ainsi le choc actuel est cause naturelle ou occasionnelle des mouvements, par laquelle « Dieu, sans changer de conduite, produit une infinité « d'ouvrages admirables » (1). D'autre part, les lois du choc des corps sont les lois fondamentales de la physique, et la physique est un système d'idées claires appliquées à la nature selon la méthode de M. Descartes : « Nous ne devons raisonner que sur des idées claires », voilà [la règle fondamentale de la physique. « Les philosophes ne l'observent presque jamais et...

(1) *Œuvres complètes de Malebranche* ; édition de Genoude, de Lourdoueix. t. I, p. 351 (quinzième éclaircissement, 4^e preuve).

M. Descartes a tâché de l'observer exactement dans sa physique » (1).

La physique est un système d'idées claires, et il n'y a pas de meilleure préparation, pour l'aborder, que l'étude de la géométrie, « car enfin, l'astronomie, la « musique, les mécaniques, et généralement toutes les « sciences qui traitent des choses capables de recevoir « du plus ou du moins, et par conséquent que l'on peut « regarder comme étendues, c'est-à-dire toutes les sciences « exactes, se peuvent rapporter à la géométrie ». Les lois du choc des corps sont donc soumises aux conditions de l'intelligibilité géométrique. Il semble même que nous pourrions nous attendre à ce que les lois du choc soient des lois purement géométriques, comme celles que Descartes a prétendu démontrer au livre II des *Principes*. Nous pourrions être tentés de donner comme conclusion, à la déclaration que nous venons de reproduire, la phrase célèbre de Descartes : « Toute ma physique n'est que géométrie ».

Nous nous tromperions. Car voici la restriction que Malebranche se hâte d'ajouter : « La géométrie est... « très utile pour rendre l'esprit attentif aux choses dont « on veut découvrir les rapports; mais il faut avouer « qu'elle nous est quelquefois occasion d'erreur, parce « que nous nous occupons si fort des démonstrations « évidentes et agréables que cette science nous fournit, « que nous ne considérons pas assez la nature... La nature « n'est point abstraite, les leviers et les roues des méca- « niques ne sont pas des figures et des cercles mathéma- « tiques... dans les mécaniques, on suppose que les roues, « et les leviers sont parfaitement durs, et semblables à « des lignes et à des cercles mathématiques ». Certes, la géométrie est utile, mais elle est utile surtout pour raisonner sur des « suppositions » qu'elle ne fournit pas.

(1) *De la recherche de la vérité*, livre 6^e, 1^{re} partie, ch. IV ; édition citée, p. 209.

« Nous reconnaissons même par elle si nos suppositions
« sont fausses, car, étant toujours certains que nos raisonnements sont vrais et l'expérience ne s'accordant point
« avec eux, nous découvrons que les principes supposés
« sont faux. » (1) Ce sont là les formules d'une mécanique demi-expérimentale, d'une physique qui ne sera pas toute géométrique. Par conséquent, les idées claires et distinctes dominent la physique, mais ne la font pas ; elles laissent une part irréductible à l'expérience. Hamelin dirait que, dans la physique de Malebranche, *l'idéalisme* est limité par un certain *contingentisme* (2).

Puisque les conditions de réalité s'ajoutent aux conditions d'intelligibilité, on peut concevoir les lois du choc de plusieurs manières différentes, également intelligibles, entre lesquelles l'expérience décidera. Mais alors, il pourra arriver que l'expérience, mieux connue, oblige à changer celles qu'on avait formulées, sans que cette modification les rende moins intelligibles, et, par conséquent, sans que la philosophie ait à en subir le contre-coup, sans qu'on ait à concevoir autrement qu'on n'avait fait d'abord l'intelligible et ses rapports avec le réel.

C'est pourquoi Malebranche s'est montré très disposé à les changer dès qu'on lui en a montré la fausseté.

Il les a changées deux fois, en 1692 et en 1698. Deux fois, avec une « ingénuité » digne de tout éloge, il a reconnu publiquement son erreur en cette matière, s'est rendu aux observations de Leibniz et s'est efforcé de conformer ses lois aux expériences qu'il pouvait connaître.

Leibniz a été deux fois l'instigateur de la modification.

Leibniz attachait aux *vérités* mécaniques que Male-

(1) *Ibid*, p. 210. Le premier texte est cité par M. Brunschvicg dans *L'expérience humaine et la Causalité physique*. Paris, Alcan, 1922 p. 243.

(2) Hamelin applique l'expression *contingentisme* à la conception que Renouvier se fait de la *Causalité* et selon laquelle le lien causal n'est pas *a priori*.

branche considérait comme *peu utiles* (1) une grande importance : la connaissance de ces vérités est « assez « importante non seulement en physique et en mécanique « pour trouver les véritables lois de la nature et règles du « mouvement... mais encore dans la métaphysique pour « mieux entendre les principes » (2).

Leibniz pensait que « *Tout est déterminé* dans les choses, « ou par des raisons comme géométriques de la nécessité, « ou par des raisons comme morales de la plus grande « perfection » (3). Ou encore « Dieu ne fait rien hors d'ordre » (4) et, pensait Leibniz, il existe une méthode permettant de comprendre cet ordre. Dans ce déterminisme universel, les lois générales du mouvement doivent pouvoir se tirer immédiatement des principes métaphysiques. Elles ne sauraient être contingentes.

Leibniz voulait, par contre, dans ce monde entièrement rationnel, réserver la réalité des « substances individuelles » et « distinguer les actions de Dieu de celles des créatures » (5). Pour cela, il prétendait « réhabiliter en quelque façon l'ancienne philosophie et... « rappeler *postliminio* les formes substantielles presque « bannies » (6). Or, il prétendait que, précisément, les vraies lois du mouvement manifestent la réalité des formes substantielles, sous l'aspect mécanique de la force.

De là l'insistance avec laquelle il a essayé de convertir Malebranche à sa mécanique. Il voulait par là le convertir au principe de raison et à ce qu'il devait appeler la doctrine des monades. Mais Malebranche était aussi

(1) Edit. cit., I, p. 261. « des vérités que je ne trouve pas fort utiles, et que la plupart des gens feront fort bien de négliger pour s'appliquer à quelque chose de meilleur. »

(2) *Discours de métaphysique*, art. 18.

(3) *Lettre à Malebranche*, GERHARDT, *Phil. Schriften Leibnitz*, I, p. 354. C'est nous qui soulignons.

(4) *Discours de métaphysique*, art. 6

(5) *Ibid.*, art. 8.

(6) *Ibid.* art. 11.

réfractaire au monadisme et au rationalisme leibnizien qu'il était accessible aux objections faites contre ses lois du choc ; et cela parce que son occasionalisme laissait ces lois facultatives.

Nous allons raconter l'histoire de ces variations en insistant désormais, puisque nous venons de les considérer au point de vue philosophique, sur leur aspect plus strictement scientifique.

Quel intérêt, à ce point de vue, présente la mécanique de Malebranche ?

M. Duhem, dans sa magistrale étude sur *l'optique de Malebranche* (1) a montré comment l'intelligente probité de Malebranche a été récompensée en optique ; il a découvert, plus d'un siècle avant Fresnel, la théorie de la lumière et des couleurs qui allait être celle du XIX^e siècle entier.

On ne peut pas dire qu'il ait eu la même chance en mécanique. Il n'y a pas été un initiateur. On ne peut pas dire non plus qu'il ait sauvé, par un amendement de génie, la mécanique cartésienne. Mais dans ce qu'on appelle la « théorie mécanique de la matière », et qui n'est pas exclusivement cartésienne mais aussi leibnizienne et même newtonienne, on peut dire que la part éternelle de Descartes, c'est Malebranche qui l'a déterminée.

Il n'a pas pu tenir ce que nous voudrions appeler la *gagueure de Descartes* en mécanique, c'est-à-dire le parti pris de tout expliquer par le lieu et la vitesse, de ramener toute la physique à la géométrie ; mais il a conservé, du cartésianisme scientifique et philosophique, tout ce qui était à conserver.

Avant d'étudier les formes successives de sa théorie du choc, il importe que nous exposions, dans cette introduction, quel était l'état de la question au moment où il écrivit la *Recherche de la Vérité*.

(1) In : *Revue de métaphysique et de morale*, 1916, pp. 37-91.

1. Les lois du choc chez Descartes

On peut dire que la mécanique cartésienne est une tentative pour réduire complètement la matière à elle-même, pour la considérer matériellement, c'est-à-dire dans ses attributs les plus propres, les plus éloignés de la spiritualité. Or, par quoi la matière se caractérise-t-elle le plus ? Par son asservissement à l'espace, qui fait qu'elle agit là où elle est. La méthode de Descartes consiste donc à identifier l'existence de la matière et sa position ou sa forme, donc à la définir exclusivement par l'étendue : « Toute ma physique n'est que géométrie. » Comme, d'autre part, la géométrie est une science tout entière rationnelle, un domaine où l'esprit exerce intégralement son pouvoir, on peut dire que la tentative cartésienne, si elle réussit, a le double avantage, d'abord de retirer complètement l'esprit de la matière pour le rendre à lui-même, ensuite de soumettre complètement, dans l'ordre intellectuel, la matière à l'esprit.

Voyons ce que cela suppose.

Puisque l'action de la matière s'exerce exclusivement là où elle est, toute attraction ou répulsion s'exerçant à distance est exclue. L'influence n'a jamais lieu qu'au contact, et comme cette influence, d'autre part, ne peut être causée que par un mode d'action purement géométrique, autrement dit par un mouvement, le seul phénomène matériel véritable est le choc, et la physique se ramène toute entière à une théorie du choc, à une *πληγική* comme dit Leibniz.

Le choc lui-même a un caractère très singulier : comme il n'y a point, dans la matière, de force répulsive, et que toute son action est mouvement, il n'y a point,

dans le choc, de réaction du choqué sur le choquant, point de « ressort » ou d'élasticité.

L'élasticité, dans la mécanique moderne, est la propriété, que possèdent certains corps, de reprendre leur forme en réagissant contre les actions déformatrices auxquelles ils ont d'abord cédé. « Un corps à ressort n'est », comme l'explique M. Bouasse (1), « ni parfaitement dur », puisqu'il cède, « ni parfaitement mou, puisqu'il reprend ensuite sa première figure. » Or, la matière cartésienne est, semble-t-il, parfaitement molle ; elle n'a point de dureté naturelle : la nature des corps « ne consiste pas en la dureté que nous sentons quelquefois à leur occasion » (2). D'ailleurs, peut-on se faire une idée claire et distincte d'une force capable de leur faire reprendre leur première forme perdue ?

Les lois du choc des corps sont énoncées dans la seconde partie des *Principes de la philosophie* (3). Elles sont régies par le principe de la conservation du mouvement, que Descartes appelle la « première cause du mouvement » et qui est que Dieu « conserve maintenant en l'univers, par son concours ordinaire, autant de mouvement et de repos qu'il y en a mis en le créant. » Voici comment ce mouvement doit être compté : « Lorsqu'une partie de la matière se meut deux fois plus vite qu'une autre, et que cette autre est deux fois plus grande que la première, nous devons penser qu'il y a tout autant de mouvement dans la plus petite que dans la plus grande. » Autrement dit, la quantité de mouvement se mesure par le produit du volume et de la vitesse, et comme la densité n'entre pas en compte, puisqu'il s'agit d'une matière parfaitement homogène, par le produit de la masse et de la vitesse.

(1) *Introduction à l'étude des théories de la mécanique* ; Paris, Carré, 1895, p. 230.

(2) A. T., IX, p. 65. Art. 4 du Livre II des *Principes*.

(3) Art. 44 à 52, A. T., IX, p. 83-93.

La formule $m v_0 + m' v'_0 = m v + m' v'$ est effectivement la formule fondamentale des lois du choc et les modernes mesurent par le produit $m v$ la quantité d'impulsion engagée dans le choc (1).

C'est pourquoi un critique moderne, M. Pierre Boutroux, a pu dire que le chapitre de mécanique consacré par Descartes aux chocs, est « bien près d'être parfait » (2).

Et le fait est qu'il l'eût été, si Descartes se fût montré plus conséquent et plus rigoureux, s'il ne se fût pas efforcé de satisfaire aux conditions opposées de l'expérience et de la théorie pure, s'il n'avait pas essayé de traiter sa matière parfaitement fluide comme si elle était parfaitement dure et en même temps — contradiction supplémentaire — parfaitement élastique.

Le principe de la conservation du mouvement est né, dans l'esprit de Descartes, d'une interprétation, très correcte, du principe d'inertie. Dans le *Traité de la lumière*, Descartes met au premier plan de toute la mécanique et de la physique le principe d'inertie. Il l'énonce en deux parties, relatives, l'une à la vitesse, l'autre à la direction (3). Entre ces deux règles, il en insère une autre (qui est, dans l'ordre, la seconde), conçue dans les termes suivants : « Que, quand un corps
« en pousse un autre, il ne saurait lui donner aucun mou-
« vement qu'il n'en perde en même temps autant du sien,
« ni lui en ôter que le sien ne s'augmente d'autant » (4). Certes, il ne s'agit point encore ici du produit $m v$. Toutefois, on est bien près de le poser, car si Descartes affirme simplement qu'une vitesse ne diminue qu'au

(1) « La mesure d'une percussion ou d'une impulsion est la quantité de mouvement qu'elle imprime à une masse donnée invariable. » BOUSSASSE, *Op. cit.*, p. 196.

(2) *Histoire des principes de la dynamique avant Newton*, in *Revue de métaphysique et de morale*, 1921, p. 676.

(3) A. T. XI, pp. 38 et 43.

(4) A. T. XI, p. 41.

bénéfice d'une autre vitesse et inversement, il ne peut pas ne pas voir que les corps la partagent selon la relation de leurs masses.

Le principe d'inertie signifie évidemment qu'il n'y a rien dans les corps qui s'oppose au mouvement. « Je ne reconnais », écrit en conséquence Descartes en décembre 1638, « aucune inertie ou tardiveté naturelle dans les « corps... et crois que, lors seulement qu'un homme se « promène, il fait tant soit peu mouvoir toute la masse « de la terre... Mais je ne laisse pas d'accorder... que les « plus grands corps, étant poussés par une même force, « comme les plus grands bateaux par un même vent, se « meuvent toujours plus lentement que les autres » (1). Et la conclusion naturelle est tirée quatre mois après : « ...Lorsqu'une pierre tombe d'un lieu haut contre terre, « si elle ne retourne point et qu'elle s'arrête, je conçois « que cela vient de ce qu'elle ébranle cette terre, et « ainsi lui transfère son mouvement ; mais si ce qu'elle « meut de terre contient mille fois plus de matière qu'elle, « en lui transférant tout son mouvement, elle ne lui « donne que la millième partie de sa vitesse » (2). En trois temps l'évolution est complète : partis du principe d'inertie, qui nie toute tardiveté naturelle des corps, nous nous sommes demandé ce que devient la vitesse quand elle diminue dans un corps ; nous avons répondu que c'est parce qu'elle augmentait dans un autre, puis nous avons ajouté que les plus gros en recevaient moins que les autres, et enfin que cette distribution se fait en raison inverse des volumes, ou masses, ou quantités de matière.

L'évolution est achevée dans les *Principes* : le principe de la conservation du mouvement, obtenu par une généralisation du principe d'inertie, est présenté comme

(1) A. T. II, p. 467.

(2) A. T. II, p. 543 (30 avril 1639).

le principe général, comme la cause première. Le Principe d'inertie est passé au rang de corollaire ou de cause seconde. Les deux premières « lois de la nature », énoncées dans les articles 37-39, sont, en effet, les deux parties du Principe d'inertie (1).

Ainsi s'est formé le principe de la conservation du mouvement. Descartes n'avait qu'à se conformer à l'esprit qui avait présidé à cette formation.

Il y a des disciples de Descartes, des adversaires (Leibniz notamment) et des commentateurs modernes (2) qui ont rattaché le principe de la conservation du mouvement à la théorie des machines simples : dans une machine simple, disent-ils, la « force » (au sens de « travail ») se conserve ; la distance parcourue compense le poids ; or, le poids, c'est la masse, et, comme la puissance et la résistance sont liées et développent leur action en un temps égal, la vitesse est comme la distance ; le produit $m v$ est donc constant. Tel serait, disent-ils, le raisonnement de Descartes.

« Descartes, dit M. Bouasse (3), a le grand mérite « d'avoir formulé le premier, avec une netteté singulière, « le principe du travail virtuel, et d'en avoir tiré la « théorie des machines simples. » Mais Descartes a eu toujours grand soin d'insister pour que l'on ne confonde pas le travail, produit du poids et du chemin, avec le produit du poids et de la vitesse. La conservation du travail est essentielle dans les machines ; le produit du poids par la vitesse ne s'y conserve que d'une manière en quelque sorte accidentelle. Ceux qui disent que, dans

(1) A. T. IX, pp. 84-85.

(2) Dans la controverse qui suivit la *Brevis demonstratio* de LEIBNIZ, tout le monde est d'accord pour admettre cette interprétation. C'est celle de G. MILHAUD : *Les lois du mouvement et la philosophie de Leibniz*, dans les *Nouvelles études sur l'histoire de la pensée scientifique*, pp. 199 et 200.

(3) *Op. cit.*, p. 70. M. BOUASSE présente, dans les pages suivantes, le petit *Traité des Mécaniques* que Descartes adressait à Huyghens. Voir A. T. pp. 435-447.

un levier, le poids double doit avoir la moitié de la vitesse, commettent une « faute d'autant plus nuisible » qu'elle est plus malaisée à reconnaître, car ce n'est point « la différence de la vitesse qui fait que ces poids doivent être l'un double de l'autre, mais la différence de l'espace... Que si j'avais voulu joindre la considération de la vitesse avec celle de l'espace, il m'eût été nécessaire d'attribuer trois dimensions à la force, au lieu que je lui en ai attribué seulement deux, afin de l'exclure » (1). On sait que, dans ce texte, les adversaires visés sont les partisans de Galilée, et la notion que Descartes veut exclure est celle du *momento* galiléen. Cette idée est un legs d'Aristote, une survivance de la physique scolastique, dans laquelle la vitesse mesure la force. Descartes s'en méfie. D'autre part, avec une prudence admirable (2), il choisit l'idée la plus simple, celle qui fait l'économie d'une variable, celle qui évite de considérer le temps. Ce n'est donc pas dans cette direction qu'il faut chercher l'origine du produit $m v$.

Le produit $m v$ n'est pas entré dans la mécanique cartésienne comme un legs de la mécanique scolastique, mais comme la conséquence d'une adhésion intelligente à la nouvelle mécanique, à la mécanique du principe d'inertie. Il suffisait, pour trouver les lois du choc, de suivre le même « fil de méditation » (*filum meditandi*), comme disait Leibniz.

Dès la fin de 1639 et les premiers mois de 1640, Descartes mettait au point deux lois du choc. Il devait les abandonner plus tard, mais nous trouvons déjà dans leur énoncé les préoccupations qui devaient dicter les lois définitives.

De la première on trouve le contenu, de plus en plus

(1) A. T. II, p. 354.

(2) « Si mathématiquement les deux énoncés sont équivalents, celui de Descartes est infiniment préférable », dit M. BOUASSE, *op. cit.* p. 75.

précis, dans trois lettres successives (1). Elle concerne le cas où un corps en repos est heurté par un corps en mouvement. Descartes affirme que, dans ce cas, le premier entraîne le second avec la vitesse nécessaire pour que sa quantité de mouvement se répartisse sur les deux masses. Soient $m v_0$ et m' (vitesse 0), on a $v = v' = \frac{m v_0}{m + m'}$. C'est parfaitement correct, et on souhaiterait que Descartes ait conservé cette loi dans les *Principes* (2).

La seconde est indiquée assez vaguement par Descartes, dans une lettre du 11 mars 1640 (3), qui est essentielle dans l'histoire de la mécanique cartésienne. Il s'agit de « boules de mail » qui vont à la rencontre l'une de l'autre. Descartes, sans donner une solution générale, prévoit simplement le cas où l'une des boules (évidemment « la moins forte ») rejaillira avec une vitesse diminuée ; supposition singulière, et qui ne ressemble à rien des *Principes*. Mais, à ce propos, Descartes formule une remarque importante : « La boule, dit-il, recule... par la même force qui la faisait avancer auparavant. » La force ne change donc point quand on modifie sa « détermination », c'est-à-dire sa direction ; elle est indifférente au côté vers lequel elle ira ; elle « s'accommode » des circonstances, de l'entourage, des « superficies ». Mathématiquement, cela signifie que la vitesse est une quantité *scalaire* et non *vectorielle* (4) : sa direction n'est pas comprise dans son symbole, et il est impossible, en particulier, de concevoir que deux mouvements contraires se détruisent, puisqu'ils sont toujours tous les deux positifs.

(1) 30 avril, 13 novembre, 25 décembre 1639. A. T., II, pp. 543, 623, 627

(2) M. BOUASSE : *op. cit.*, p. 237 : « Il est regrettable qu'il n'ait pas persévéré plus longtemps dans cette voie ».

(3) A. T., III, pp. 37 et suivantes.

(4) Expression de M. BOUASSE, *op. cit.*, pp. 226-230.

Nous trouvons ici un principe excellent : c'est le corps le plus « fort » (c'est-à-dire ayant le plus de mouvement $m v$) qui détermine la direction du mouvement après le choc. La première règle contient, en outre, une indication juste : deux corps, infiniment durs ou infiniment mous, après s'être heurtés, ne doivent point réagir l'un sur l'autre, ni se quitter. En somme, pour avoir les lois cartésiennes du choc, il devait suffire de généraliser la formule précédente en lui donnant une signification algébrique $v = v' = \frac{m v_0 + m' v'_0}{m + m'}$.

Seulement, Descartes n'a pas voulu se contenter de cela. Pour plusieurs raisons. D'abord, il concevait malaisément la vitesse comme une quantité vectorielle ou algébrique, ce qui est étonnant, puisqu'il affirmait la relativité du mouvement. Mais le fait est qu'il composait les directions des vitesses suivant les règles vectorielles, et qu'il se croyait le droit de porter ensuite sur la résultante la somme arithmétique des vitesses (1). Supposons donc que les deux masses égales, m et m' , s'affrontent avec les deux vitesses arithmétiquement égales v_0 et v'_0 . La formule précédente donne, pour v et v' , la valeur 0. Les deux corps s'arrêtent. Or, Descartes ne se croyait pas du tout obligé d'admettre une pareille conséquence, il se croyait autorisé à retourner les deux vitesses en conservant leurs valeurs absolues. D'autre part, et c'est la seconde raison, il pouvait s'y croire invité par l'expérience. En effet, en n'a jamais vu des corps durs pareils s'arrêter l'un contre l'autre après s'être heurtés avec même vitesse : ils rejaillissent. L'expérience permet même d'établir assez aisément que, lorsque, dans deux corps qui se heurtent, la masse et la vitesse se compensent, lorsqu'on a, arithmétiquement, $m v_0 = m' v'_0$, les deux corps repar-

(1) BOUASSE : *op. cit.* pp. 224-225.

tent, après le choc, avec leurs vitesses retournées, ce qui, comme l'a fait remarquer Leibniz, a l'air de confirmer le principe cartésien (1). L'expérience semble ici autoriser le savant à traiter la quantité de mouvement comme une grandeur scalaire.

L'expérience a joué ici à Descartes un mauvais tour. Il eût fallu, peut-être, pour fixer une science incertaine, mépriser les faits davantage, quitte à les rejoindre plus tard. Un souci plus grand de simplicité et de rationalité l'avait mieux guidé dans sa théorie des machines. Mais nous avons peine à nous représenter l'incertitude des idées dans cette époque de tâtonnement. En voici un symptôme : Descartes donne au mot « force » au moins quatre sens différents ; il désigne d'abord sous ce nom la pression ou le poids, mais aussi le travail, c'est-à-dire le produit du poids par le chemin. C'est ainsi que, dans la lettre déjà citée (2), il parle d'une *force qui a deux dimensions* et d'une *force qui n'en a qu'une*. Dans les *Principes*, la *force* est la quantité de mouvement (3). Elle est même l'inertie, c'est-à-dire la résistance qu'une masse immobile oppose au mouvement.

Ce n'est pas tout ; une troisième raison devait empêcher Descartes d'admettre la formule générale que nous avons indiquée : c'est qu'il était de plus en plus décidé à considérer le repos comme un *obstacle* au mouvement. Lui qui écrivait, en 1638 : « Je ne reconnais aucune inertie ou tardiveté naturelle des corps », dit ceci dans les *Principes* : « Lorsqu' (un corps) est en repos, il a de la force pour demeurer en ce repos, et pour résister à tout ce qui pourrait le faire changer » (4). Certes, sa conception de la vitesse comme une quantité scalaire lui permettait, du moins à ses yeux, de séparer

(1) GERHARDT *Phil. Schriften Leibniz*, III, p. 48.

(2) A. T., II, p. 353.

(3) A. T., IX, p. 90, art. 47 et *passim*, jusqu'à l'art. 53.

(4) A. T., IX, p. 88, art. 43.

la vitesse de la direction (de la « détermination »), et, par conséquent, de renverser complètement la vitesse d'un corps en mouvement lorsque ce corps heurtait un corps en repos. Mais il y a autre chose, et cette autre chose nous est révélée par l'article 55 des principes, qui nous dit « qu'il n'y a rien qui joigne les parties des corps durs, sinon qu'elles sont en repos au regard l'une de l'autre. » Voilà l'origine de la force positive attribuée au repos. Descartes a voulu expliquer la dureté, la cohésion, il a trouvé ce moyen, qu'autorisait sa conception scalaire des vitesses, d'expliquer, sans supposer autre chose que les notions abstraites de sa mécanique, la dureté des corps. Un corps dur est un corps sur lequel *rebondissent sans l'ébranler* tous les mouvements d'une certaine force.

Ainsi, Descartes, avec des notions qui ne lui permettaient de concevoir qu'une matière fluide, a voulu obtenir des corps durs et même des corps élastiques. Cela l'a conduit à une conception réaliste de la vitesse, à laquelle était nécessairement liée une conception réaliste de la masse.

Nous n'énoncerons pas en détail les lois du choc. Elles se répartissent naturellement en trois groupes :

1^o Celles qui appliquent simplement la règle

$$v = v' = \frac{m v_0 + m' v'_0}{m + m'}$$

interprétée arithmétiquement. Ce sont, la seconde, la troisième, la cinquième et le premier tiers de la septième (1), concernant les cas où une inégalité très nette et non compensée permet une solution évidente, soit qu'il y ait rencontre et que les vitesses seules soient égales, ou les masses seules, ou que le plus petit corps soit

(1) Art. 47, 48, 50, 52, dans A. T., IX, pp. 90-93.

immobile, soit que le plus gros corps rattrape le plus petit.

2^o Celles qui supposent une masse immobile compensant par sa grosseur le désavantage du repos, ou une masse plus lente, compensant par sa grosseur son repos relatif. C'est le cas de la quatrième règle et du second tiers de la septième (1).

La solution est apportée par la quatrième, et s'applique *mutatis mutandis* à l'autre : le corps le plus petit rebondit sur le plus gros, qui reste immobile, le corps le plus faible rebondit sur le plus fort, qu'il a rattrapé et qui continue son mouvement sans altération.

3^o Les cas moyens, qui sont résolus par une méthode de moyenne (règle 6, moyenne entre la règle 5 et la règle 4 : 3^e partie de la règle 7, qui est moyenne entre les deux autres). On peut y rattacher un cas de symétrie manifeste, qui est celui de la règle 1 (corps égaux s'affrontant avec des vitesses égales ; ils rejaillissent avec leurs vitesses retournées) (2).

Tout ceci est très peu conforme à l'expérience. L'écart entre la théorie et l'expérience doit être comblé par une autre théorie sur la structure réelle de la matière, sur la façon dont, en fait, elle est distribuée et figurée. Par exemple, Descartes explique que si les lois expérimentales du choc sont différentes des lois abstraites, c'est que les corps qui se heurtent sont environnés d'une matière subtile qui les soutient et partiellement les propulse (3).

D'une manière générale, et de quelque manière qu'on s'y prenne, le cartésianisme oblige à formuler une *cinématique abstraite* et à la relier par une *hypothèse physique* à la *cinématique concrète et expérimentale*.

(1) Art. 49, pp. 90-91, et art. 52, p. 93.

(2) Art. 51 (p. 92), Art. 52 (p. 93), Art. 46 (p. 89).

(3) Fin de l'art. 61, p. 100.

2. Les lois du choc dans l' « *Hypothesis physica nova* » de Leibniz

Nous venons précisément d'énoncer le programme que Leibniz s'était proposé en 1671, et nous avons usé des expressions mêmes dont il se sert dans ses deux ouvrages : « *Theoria motus abstracti* » et « *Theoria motus concreti* » formant son « *Hypothesis physica nova* », écrits en 1670 et présentés en 1671, l'un à l'Académie des sciences de Paris, et l'autre à la Société royale de Londres. Nous prétendons que ces deux ouvrages écrits non pas, il est vrai, sous l'influence directe et le patronage de Descartes, mais plutôt, comme on l'a montré (1), de Hobbes, sont cependant dans la ligne logique de la mécanique cinétique cartésienne et qu'ainsi nous devons les mentionner avant les traités de Malebranche. D'autant qu'ils apportent une correction importante aux idées de Descartes et que Malebranche en profitera.

Au moment où il écrivait ces deux traités, Leibniz se défendait beaucoup d'être cartésien : « Me fateor nihil minus quam cartesianum esse », écrivait-il en 1669 à son maître Thomasius (2); de même, en 1676, à Hon. Fabri : « Gassendo potius quam Cartesio assentior, essentiam corporis in extensione non consistere » (3). Pourtant, en 1704, il dira rétrospectivement : « Je ne suis plus cartésien » (4).

On peut dire, il est vrai, que la déclaration de 1704 n'engage pas Leibniz, mais Théophile, personnage fictif,

(1) HANNEQUIN : *La première philosophie de Leibniz*, in *Etudes d'histoire des sciences et d'histoire de la philosophie*, 2 v., Alcan, T. II, pp. 94-98 et 201-204.

(2) GERHARDT : *Phil.*, I, p. 16.

(3) *Ibid.*, IV, p. 247.

(4) *Nouveaux Essais*, livre I, ch. I, première réplique de Théophile.

qu'elle est mise seulement pour animer le dialogue. Mais nous verrons plus loin que Leibniz, en 1692, considérait ses thèses de 1671 comme impliquant logiquement le cinétisme cartésien. Au surplus, en 1693, il écrivait à Foucher : « Les loix du mouvement abstrait « que j'avais données alors devraient avoir lieu effectivement si, dans le corps, il n'y avait autre chose que « ce qu'on y conçoit selon Descartes et même selon « Gassendi » (1).

Et en 1695, dans le *Specimen dynamicum* : « Mihi « adhuc juveni, et corporis naturam cum Democrito « et hujus eâ in re sectatoribus Gassendo et Cartesio, « in solâ massâ constituenti, excidit libellus hypo- « theseos physicæ titulo... » On sait qu'il appelle « massa » ou « moles » la pure matière géométrique, celle qui se comprend par les « mathematicæ notiones », qui sont « magnitudo, figura, locus, horumque mutatio » (2). Bref, il a voulu faire une physique qui ne fût que géométrie. Ajoutons que, lorsqu'il eut appris les mathématiques à Paris et à Londres, il fut obligé d'avouer qu'à l'époque où il formulait son hypothèse physique, il n'avait pas encore bien compris celle de Descartes : « Nondum satis Cartesianam me intellexisse » (3). Ce qui diminue beaucoup la portée de ses déclarations anticartésiennes faites à la même époque.

Enfin, qu'entendait-il alors par « *Je ne suis rien moins que cartésien* » ? Il entendait d'abord qu'il était adversaire du *plein*, trouvant l'hypothèse du plein insoutenable à cause de la nécessité d'admettre les tourbillons et d'exclure de l'univers concret le mouvement rectiligne, elliptique, parabolique, etc., bref tous les mouvements non circulaires (4). Il préten-

(1) GERHARDT, *Phil.* I, p. 415.

(2) DUTENS, III, p. 320.

(3) *A Fabri.* (GERHARDT, *Phil.* IV, p. 247).

(4) *Lettre à Arnould*, GERHARDT, *Phil.* I, pp. 71-73.

daît ensuite réserver la possibilité métaphysique de la Transsubstantiation, qui est ruinée si la substance des corps consiste dans l'étendue (1). Enfin, il professait sur la solidité des corps une opinion contraire à celle de Descartes, Descartes l'expliquant par le repos et lui par le mouvement. Mais en ce qui concerne le premier point, on peut voir que la croyance au vide ne l'amenait pas à l'atomisme et qu'il écartait résolument de la physique les formes substantielles de la scolastique : « Nescio quas formas substantiales incorporeas ac quasi spirituales, quarum ope corpus ipsum se movere possit, etc... » (2). Sur le second point, l'argument religieux apparaît bien comme un argument de circonstance, un argument politique, si l'on peut dire, destiné à conquérir Arnauld aux idées de Boinebourg.

Quant au troisième, Leibniz se montre, en l'énonçant, plus cartésien que Descartes lui-même. C'est en effet par une inconséquence singulière que Descartes expliquait la dureté, qui est une action, ou une possibilité d'action, une « reactio sine impactu » dit Leibniz, par l'étendue en repos, alors que, dans sa mécanique cinétique, il n'y a pas d'autre action que le mouvement, et qu'ainsi « nulla est cohaesio seu consistentia quiescenti. » On ne devrait même pas, dans une telle mécanique, faire intervenir la masse.

Leibniz définit la matière par l'étendue à laquelle il ajoute l'impénétrabilité ou *antitypie*. Voilà qui serait fort peu cartésien, puisque, dans la physique cartésienne, la matière se définit par l'étendue seule. Mais il faut considérer que cette impénétrabilité n'est ni la cohésion, ni la masse. Au fond, elle n'est d'aucun usage, n'explique rien, ne dispense de rien. C'est un legs de la scolastique. Elle ne correspond à aucune idée scientifique.

(1) *Ibid*, p. 68 ; voir aussi : à *Fabri*, *loc. cit.*

(2) A *Thomasius*, GERHARDT, *Phil.*, I, p. II.

Il construit sa *Theoria motus abstracti* sans se considérer comme dispensé d'expliquer la masse. La preuve c'est qu'il n'y parle que de la vitesse. Les corps sont réduits à des points mathématiques et les lois du choc se ramènent à une seule extrêmement simple : après le choc, les corps qui allaient à la rencontre l'un de l'autre repartent ensemble avec la différence des vitesses : $V = V' = V_0 - V'_0$ (1).

On voit que le mouvement tend à diminuer sans cesse dans le monde, et que, à considérer seulement les lois *abstraites* qui le régissent, il tend vers le repos. Pourtant, l'expérience courante et un certain sentiment scientifique et métaphysique, la croyance à ce que Descartes appelait l'immutabilité divine, autrement dit la conviction que la force se conserve dans le monde, que l'effet égale la cause, proteste contre une pareille conséquence ; il faudra que *l'hypothèse physique* arrange cela encore.

Cela ne simplifie pas le problème que va résoudre *l'hypothèse physique*. Il faut que cette hypothèse ramène au mouvement la masse et aussi l'élasticité, *elater*, qui doit régénérer le mouvement menacé de dégradation. Leibniz a imaginé une violente action de l'éther qui entoure la terre et qui, frappant, décomposant la matière terrestre qu'il disperse, pénètre et gonfle, comme les souffleurs soufflent le verre, la transforme finalement en une agglomération de « bulles » qui en seront désormais les vrais éléments et comme les atomes. Après cette opération, la matière terrestre est devenue discontinue ; or, l'effet de la discontinuité sur le mouvement est de diviser sa vitesse par le volume total des corps élémentaires séparés ; ainsi s'explique l'effet de la masse. D'un autre côté, chaque bulle est une sorte de tourbillon prisonnier ; l'éther s'y contourne en une

(1) GERHARDT : *Phil.*, IV, p. 232.

giration qui, par la force centrifuge, tend à faire éclater la bulle, et, en tous cas, la rend élastique. Ainsi s'explique la réaction des corps choqués (1).

Les deux *Theoriæ* de 1671 font donc suite aux *Principia* de 1644. Entre 1644 et 1671, la mécanique cartésienne a évolué naturellement.

(1) GERHARDT: *ibid.*, pp. 181 sqq., et notamment les paragraphes 9 à 15 de la *Theoria motus concreti*.

CHAPITRE I

La première forme des lois du choc chez Malebranche (1675-1692)

En 1664, Malebranche rencontre, en lisant le *Traité de l'Homme*, la pensée de Descartes, et cette rencontre détermine sa « vocation » philosophique. Que voit-il dans le cartésianisme ? Une méthode de penser qui, comme l'a dit justement le plus récent historien de Malebranche, « libère du même coup la matière et l'esprit ». En effet, elle « rend à l'âme sa mission propre, qui est de penser et non d'être la forme d'un corps » (1). D'autre part, elle assure une certaine autonomie, dans leur domaine, aux explications purement matérielles, c'est-à-dire mécaniques. Mais, par contre, la condition de cet affranchissement de la pensée et de la matière est l'élaboration d'une physique qui soit à la fois réelle, c'est-à-dire capable d'expliquer le *monde* et l'*homme*, et intelligible, c'est-à-dire constituée par un enchaînement d'idées claires. Ces idées claires, ce sont, pour Descartes, les idées de la géométrie. Donc la libération et l'exaltation de la substance spirituelle ont pour condition une conception mécaniste du monde.

D'autre part, Malebranche a aperçu dans Descartes, peut-être tout de suite, peut-être à la longue, ce qu'on

(1) HENRI GOUHIER : *La Vocation de Malebranche*, I vol. in-8°. Paris, Vrin. 1926, pp. 61-62.

appelle son *occasionalisme*, et qui est une interprétation chrétienne et mystique du principe d'inertie. Dans le second volume de son livre *de la Recherche de la Vérité* (1675), il écrira : « Il n'y a qu'une vraie cause parce « qu'il n'y a qu'un vrai Dieu, que la nature ou la force « de chaque chose n'est que la volonté de Dieu, que « toutes les causes naturelles ne sont point de *véritables* « causes mais seulement des causes *occasionnelles*. » Or, la raison principale qu'il donnera de cette proposition est tirée du principe d'inertie : « Il est évident que tous « les corps grands et petits n'ont point la force de se « remuer » (1). Le principe d'inertie est la principale arme contre la « philosophie du serpent » (2), contre la philosophie idolâtre qui place des puissances dans la matière.

Cela fait donc deux raisons pour adopter le mécanisme cinétique de Descartes. Quant à la lettre même des applications que Descartes en a faites, on ne se fera pas faute de la corriger s'il y a lieu, car il ne faut « rien recevoir de ce qu'il dit que lorsque la force et « l'évidence de ses raisons ne nous permettront point « d'en douter » (3).

Entre 1664 et 1674, Malebranche a « fait son noviciat cartésien » (4). Il s'est donné une culture scientifique cartésienne aussi complète que possible. Mais la science cartésienne n'est qu'un centre et un point de vue ; Malebranche s'est mis au courant et s'est désormais tenu soigneusement au courant des derniers progrès scientifiques, quelle que fût leur provenance, en lisant « les mémoires de l'Académie des sciences et les ouvrages des étrangers » (5).

(1) *Recherche*, VI, 2^e partie, ch. III. (*Œuvres complètes*, éd. de Genoude, de Lourdoueix, Paris 1837, I, p. 220).

(2) Expression de M. H. GOUHIER, *op. cit.*, ch. IV, § I.

(3) *Recherche*, VI, 2^e partie, ch. VI : édit. citée, I, p. 240.

(4) Expression de M. H. GOUHIER, *op. cit.*, p. 68.

(5) *Ibid*, p. 239.

Or, la partie essentielle du cinétisme cartésien est la théorie du choc. Depuis les *Principes*, quels sont les résultats acquis en cette matière ?

En 1668, la Société Royale de Londres proposa aux physiciens la question du choc. « Trois physiciens « éminents, Wallis (26 novembre 1668), Wren (17 « décembre 1668) et Huyghens (4 janvier 1669) répon- « dirent au vœu de la Société par le dépôt de mémoires « dans lesquels ils exposaient les lois du choc indépen- « damment l'un de l'autre » (1).

Il est possible que Malebranche les ait connus, ou, au moins, ait connu le mémoire de Wallis. Le mémoire de Huyghens resta inédit jusqu'en 1703 (2). Mais celui de Wallis fut imprimé en 1671, dans un traité plus étendu rédigé en latin (3). On trouve peut-être dans la *Recherche* de 1675 quelques traces de cette lecture (4). Mais il faut dire que les préoccupations des physiciens et celle de Malebranche n'étaient pas pareilles : les physiciens voulaient avant tout des lois conformes aux faits ; Malebranche tenait surtout à l'intelligibilité des notions.

Il nous paraît hors de doute, par contre, qu'il a lu Leibniz. Il faut songer qu'un des traités de Leibniz, la *Theoria motus abstracti*, avait été présenté à l'Acadé-

(1) MACH : *La mécanique. Exposé historique et critique de son développement*. Traduction BERTRAND, Paris 1904, p. 301.

(2) MACH : *op. cit.*, p. 302. On peut lire le *De motu corporum ex percussione* de Huyghens dans les *Opuscula Posthuma: Christiani Hugenii Zuilechemii, dum viveret Zelhemii toparchæ, opuscula posthuma, Amstelodami, MDCCXXVIII*. Huyghens avait envoyé à l'Académie des sciences, en 1669, ses conclusions, mais ses conclusions seulement. Cf. *Mémoires de l'Académie royale des Sciences*. Depuis 1668 jusqu'en 1699. T. X. Paris MDCCXXX, pp. 491-494.

(3) *Mechanica, sive de motu*. London, 1671.

(4) Malebranche a peut-être été confirmé par la lecture de Wallis dans l'idée que la conservation du produit $m v$ est essentielle dans le choc. Le mémoire de Wren a été publié dans les *Philosophical Transactions* (n° 43, 11 janvier 1668), en latin. Malebranche n'a pas dû connaître la revue londonienne, et le mémoire de Wren, obscur et d'interprétation difficile, n'avait rien de ce qu'il fallait pour l'intéresser. Cf. Jouguet : *Lectures de Mécanique*, Gauthier-Villars, Paris, 1924, t. II pp. 137-138.

mie des Sciences de Paris. Il a donc pu tenter la curiosité de Malebranche. Nous relèverons plus loin des ressemblances d'expression et une identité générale d'inspiration qui nous paraissent prouver suffisamment que Malebranche a lu au moins la *Theoria motus abstracti*.

Une nouvelle théorie de la cohésion

La 2^e partie du 6^e livre de la *Recherche* se termine par un chapitre IX dont la partie principale, depuis le début jusqu'à la fin de l'alinéa qui commence par : « Il me semble que cette raison suffit pour... » (1) est restée sensiblement pareille dans toutes les éditions. Il s'agit de l'explication cartésienne de la dureté ; on sait que M. Descartes expliquait la dureté par le *repos des parties* (2). Mais ce repos est-il capable de résister à un mouvement ? Descartes dit que les corps en repos ont, en vertu du principe d'inertie, de la force pour rester en repos, comme ils en ont pour continuer à se mouvoir (3). Mais c'est peut-être là une interprétation erronée du principe, qui signifie en réalité que la matière est « indifférente au mouvement et au repos » et que, par conséquent, la force qui la meut est « la volonté du créateur ». Or, que peut-on dire de la volonté du créateur ? Il paraît bien certain que la volonté de mouvoir un corps et la volonté de le tenir en repos ne sont pas deux volontés contraires, que la première contient seulement quelque chose de plus que la seconde, car, d'une part, « il suffit que Dieu veuille qu'il y ait « de la matière, afin que non seulement elle existe, « mais aussi afin qu'elle existe en repos », tandis que

(1) Édition citée, I, pp. 253-259.

(2) *Principes*, II, art. 55.

(3) *Principes*, II, art. 43.

l'idée de la matière mue renferme à la fois celle de la matière créée (en repos) et celle de la force motrice. « Le repos est une pure privation qui ne suppose point en Dieu de volonté positive » (1). Quand Dieu cesse de vouloir qu'un corps soit en mouvement, ce corps s'arrête. Réciproquement, si Dieu cesse de vouloir qu'un corps soit en repos, on ne peut pas dire que le corps sera mis en mouvement, car en quel mouvement ? Impossible de le dire : le repos est un absolu qui n'a pas de quantité, le mouvement a une quantité déterminée (2).

Donc la solidité du corps ne vient pas du repos de ses parties. M. Descartes a eu tort, « ce grand homme s'est trompé » (3).

L'expérience lui est contraire : un léger choc d'un petit corps en mouvement ébranle un gros vaisseau qui flotte dans l'eau, immobile. Dira-t-on (4) que l'eau a justement pour effet de donner du mouvement aux corps qui y sont plongés ou qui y flottent ? Mais c'est tout le contraire : on sait que les fluides font perdre, par frottement, du mouvement aux solides qui y sont contenus (5).

Cette remarquable discussion est toute entière de Malebranche, et nous ne voulons rien lui retirer de son originalité. Mais l'idée essentielle ne lui en a-t-elle pas été suggérée par la lecture de Leibniz ? C'est ce que nous pensons. Remarquons d'abord que l'exposé commence par la définition de trois termes qui désignent des modes d'union des corps : la *continuité*, la *contiguité*, l'*union*. Or, les deux premières expressions sont celles de Leibniz : « Duæ aliquæ *contiguæ* partes *coherent* « tum demum sibi, si se premunt » (6). La *cohésion* est

(1) I, 257.

(2) I, 257.

(3) I, 258.

(4) *Principes*, II, art. 63.

(5) MALEBRANCHE, *Œuvres*, édit. cit. I, 258.

(6) *Theoria motus abstracti*, GERHARDT, *Phil.*, IV, p. 234.

done un degré plus accentué d'union que la *contiguité*. Or, qu'est-ce que la cohésion ? C'est la *continuité*. « In corpore cohærente seu *continuo*... » Remarquons ensuite que, lorsque Malebranche montre qu'on n'explique pas la solidité par la texture branchue ou crochue des molécules, puisque l'explication irait à l'infini (1), il s'inspire d'une réflexion de Leibniz : « Cohæsionis, « *qualitatis tam obviæ, rationem reddidit nemo ;* « *quid prodest ramos, hamos, uncos, annulos, aliaque* « *corporum implicamenta comminisci, cum opus futu-* « *rum sit hamis hamorum in infinitum ?* » (2). Enfin, dans l'analogie que Malebranche établit entre le repos et zéro (3) n'y a-t-il pas comme une réminiscence de la réflexion de Leibniz : « Si Cartesium, virum utique « *incomparabilem, per omnia sequimur, quies potentior* « *motu erit, nihil nempe unitate : negat enim quiescens* « *quantocumque motû impelli posse* » ? (4). Sans être décisives, ces preuves nous paraissent sérieuses. C'est pourquoi nous disons que le chapitre IX de la 2^e partie du VI^e livre de la *Recherche* fait suite à la *Theoria motus abstracti* (5).

En lisant Leibniz, Malebranche a compris, d'une part, que le grand problème de la mécanique cartésienne est d'expliquer la masse, la cohésion, l'élasticité, et, d'autre part, qu'on ne peut résoudre ce problème en disant simplement, comme Descartes, que le repos a une force par laquelle il s'oppose au mouvement. Il faut donc expliquer la masse, la cohésion, l'élasticité par le mouvement. Leibniz avait imaginé ses « bulles ».

(1) MALEBRANCHE, *Œuvres*, édit. cit., I, p. 255.

(2) GERHARDT, *Phil.*, IV, p. 239.

(3) MALEBRANCHE, *ibid.*, p. 257.

(4) GERHARDT, *Phil.*, IV, p. 239.

(5) Dans le traité de Physique du Cartésien Rohault (« que l'on considérait comme le chef de la jeune école », dit M. Gouhier, *op. cit.*, p. 70) la cause de la dureté est encore le *repos réciproque des parties*. *Traité de Physique* par JACQUES ROHAULT, t. I, 3^e édit., Paris MDCLXXV, p. 171.

Malebranche a préféré imaginer quelque chose d'analogue à la théorie cinétique des gaz (1) : les parties de la matière dure sont appliquées les unes contre les autres par un bombardement de molécules d'éther qui produit une pression : ainsi voit-on, dit Malebranche, l'air appliquer l'un contre l'autre les deux hémisphères d'« Otton de Guérice. » Bref, il a imaginé une pression exercée du dehors vers le dedans sur tous les corps durs par une atmosphère d'éther qui les entourerait complètement. Illustrée par les expériences de Magdebourg, prolongeant, d'ailleurs, aisément les théories de Descartes sur la « matière subtile », cette hypothèse lui a paru bonne ; estimant qu'il a lu Leibniz, nous dirons qu'elle lui a paru préférable à celle de Leibniz.

Lois du choc

Dans les quatre premières éditions (2) de la *Recherche* (1675-1688), le chapitre IX de la seconde partie du livre VI s'achève par l'exposé des « règles de la communication des mouvements » (Voici maintenant... etc.) Cet exposé se divise assez naturellement en trois parties. La première partie concerne les corps « durs par eux-mêmes » et se mouvant dans le vide. On peut remarquer que cette supposition est peu conforme à ce que Malebranche a établi plus haut, puisque les corps « ne sont durs que par la pression de la matière subtile qui les environne » ; donc, dans le vide, il n'y a point de corps durs. Mais nous admettrons qu'il s'agit de corps

(1) L'analogie consiste à expliquer une force par un très grand nombre de percussions. « On sait que (dans la théorie cinétique des gaz) la pression est représentée comme résultant du choc de particules multiples les unes contre les autres et contre les parois du vase qui les enferme » MEYERSON : *Identité et Réalité*, 2^e édit. p. 63.

(2) Nous comptons les éditions d'après le tableau donné par le P. INGOLD : *Essai de Bibliographie oratorienne*, Paris, Sauton-Poussielgue, 1880-1882.

idéaux, dont la supposition permet à Malebranche de corriger Descartes en se plaçant au même point de vue que lui. Posant donc que « le repos n'a point de force pour résister au mouvement », et que, par conséquent, « le choqué » (c'est-à-dire le corps qui a le plus de mouvement) « ne résiste point du tout au choquant » et qu'enfin « plusieurs corps ne doivent être considérés que comme un seul dans le temps de leur rencontre » (ce qui veut dire qu'il n'y a aucune raison pour qu'ils se séparent ensuite), Malebranche en conclut que les corps, après le choc, s'accompagnent en additionnant leur mouvement, la direction étant imposée par le corps le plus fort :

$$v = v' = \frac{m v_o + m' v'_o}{m + m'}$$

(interprétée arithmétiquement).

La formule est exacte, à condition d'être interprétée algébriquement, comme l'entendait Wallis (1) dont Malebranche s'est peut-être inspiré. Telle quelle, elle s'applique aux cas de poursuite et aux cas où l'une des masses est en repos, à condition qu'on ne suppose pas de « ressort » (2). Il est à remarquer que si $m v_o = m' v'_o$, une ambiguïté se produit. Où va aller le couple ? Il serait logique de dire qu'il ne peut aller nulle part et que par conséquent il doit s'arrêter. Mais l'expérience des corps durs à ressort a égaré ici Malebranche en le poussant à admettre l'absurdité suivante : dans le cas où $m v_o = m' v'_o$, les deux corps rejaillissent chacun avec sa vitesse.

Comment savait-il que, lorsque $m v_o = m' v'_o$ (en valeur absolue), si les deux corps élastiques se rencontrent, ils rebroussent chemin avec leur vitesse ? C'est un théorème qui était certainement connu de son

(1) MACH, *op. cit.*, p. 302. JOUGUET, *op. cit.*, t. II, pp. 114-126.

(2) ROHAULT, (*op. cit.*, pp. 71-73), résout de la même manière que Malebranche les deux cas en question, ce sont les deux seuls dont il donne la solution.

temps. Il faudrait admettre qu'il a entendu parler du mémoire de Huyghens, ou peut-être qu'il a connu les premières expériences de l'abbé Mariotte (1).

En tous cas, il décrit fort bien, quoiqu'un peu sommairement, les effets du *ressort*, dont il traite ensuite (2). Il montre que la réaction du choqué sur le choquant ajoute au premier effet du choc un second qu'il appelle le « contre-coup » et qui, interférant avec le premier, produit une vibration, un « frémissement ».

En ce qui concerne les *corps mous* (3) il dit justement, bien qu'avec trop peu de netteté, que les corps parfaitement durs de la théorie cartésienne se comportent comme, dans l'expérience, les corps tout à fait mous.

Dans tout cela se manifeste une excellente méthode, que l'auteur a eu le tort de ne pas suivre jusqu'au bout : 1^o considérer les corps élastiques comme des corps mous qui réagissent ensuite ; 2^o traiter les corps théoriquement durs comme des corps absolument mous. A travers des hésitations et des incohérences, voilà ce qui apparaît. Le mécanisme cinétique de Descartes essaie encore une fois ses chances en manifestant son principe essentiel, qui est d'expliquer toute action par le mouvement.

(1) Elles datent de 1674-1675. Cf. *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, t. I, (1666-1686) MDCCXXXIII, pp. 182 sqq et 200 sqq.

(2) Voir par exemple 3^e édit. Paris. Pralard MDCLXXVII. Les lois du choc se trouvent au t. II, pp. 484-491, les lois du choc des corps durs dans le vide, pp. 484-486, les effets du ressort, pp. 486, 487 et 490.

(3) *Edition citée, ibid*, p. 486 « ...Si deux boules de plomb... se choquent, elles ne rejaillissent point après leur choc, mais elles vont à peu près selon les règles que j'ai établies auparavant... »

CHAPITRE II

La rencontre de Malebranche et de Leibniz

Au cours de son séjour à Paris, Leibniz alla rendre visite à Malebranche. Le souvenir de cette rencontre nous a été conservé par trois lettres, la première et la troisième sont de Leibniz, adressées à Malebranche, la seconde de Malebranche à Leibniz (1). On ne peut préciser la date de ces lettres, et par conséquent celle de la rencontre (2).

Leibniz venait à Paris en ambassadeur officieux et en philosophe curieux. Il voulait faire agréer par Louis XIV un projet d'expédition d'Égypte, présenter à l'Académie des sciences une machine à calculer et profiter « de la jouissance et de la conversation de tant de sçavantes personnes dont Paris est pavé » (3). Il fut « fraîchement reçu », disent ses éditeurs allemands de 1923 (4) ; et cela n'a rien d'étonnant. Ce jeune docteur, fort intelligent, mais assez barbouillé de scolastique, qui n'avait pas encore lu Descartes et qui « n'avait pas encore approfondi les mathématiques » (5) n'avait

(1) GERHARDT : *Phil. Leibniz*, I, pp. 321-327. Voir aussi le *Catalogue critique des manuscrits de Leibniz*, Poitiers 1914-1924, fascicule 2, pp. 169-170. n° 1573 A et B, 1574 et 1575 A et B.

(2) GERHARDT dit : 1674-1675 ; les auteurs du *Catalogue* disent seulement : entre mars 1672 et octobre 1676.

(3) G. W. *Leibniz sämtliche Schriften und Briefe*, Darmstadt, 1923, 1 Reihe, 1 Band, p. 452.

(4) « Eine kühle Aufnahme », p. XLV.

(5) *Lettre à Foucher*, 1693. GERHARDT : *Phil.*, I, p. 415. Voir aussi *Catalogue critique* etc..., p. XIII : « en matière scientifique, Leibniz, encore très ignorant à son arrivée à Paris... »

rien de ce qu'il fallait pour s'imposer, comme il espérait un peu pouvoir le faire, aux « sçavantes personnes » de Paris.

Les éditeurs du *Catologue critique*, qui ont précisément examiné de près les manuscrits datant de son séjour à Paris, ont noté une nuance assez curieuse d'utilitarisme national chez ce jeune allemand. Leibniz, disent-ils, « même au moment où il songe à se fixer en France et à entrer au service de Colbert, n'a pas cessé de rester profondément allemand. Il semble avoir cherché à faire profiter sa patrie des ressources intellectuelles de la France, à se ménager et à ménager aux princes allemands des intelligences et des influences profitables auprès de Louis XIV et de ses serviteurs. Il se donne pour mission d'être, à Paris, un observateur vigilant, capable en même temps de faire pour les intérêts de l'Allemagne une discrète « propagande... » (1). Ses hôtes parisiens ont-ils senti cette nuance ? C'est possible. Ce serait une autre raison de la « fraîcheur » de l'accueil.

Leibniz avait déjà, à cette époque, comme on sait, un grand projet de restauration philosophique et religieuse : fonder sur la physique mathématique, bien interprétée, un idéalisme religieux susceptible, sans doute, de restaurer et de revivifier l'Allemagne; en même temps, renouveler, sans la détruire, la tradition scolastique, la concilier avec la physique des « Restaurateurs », c'est-à-dire des savants de la Renaissance. Tel est le programme exposé dans les lettres à Thomasius et dans la lettre à Arnould (2).

Or, de ce programme, Malebranche considérait comme remplie la partie qui l'intéressait : celle qui consiste à tirer de la physique mathématique une philosophie

(1) *Catologue critique*, etc., p. XIII.

(2) GERHARDT : *Phil.*, I, pp. 9-11, 15-27 et 68-82.

chrétienne. La scolastique lui apparaissait comme l'ennemie, et c'est ce qui explique le ton un peu froid et distant, nuancé d'étonnement, avec lequel il répond à ce jeune philosophe dont il a pu apprécier les essais de physique, mais qui remet en question, avec une bizarre imprudence, au nom d'on ne sait quelle scolastique, et par des syllogismes poussièreux, une des propositions fondamentales du rationalisme cartésien.

Leibniz a été rendre visite à Malebranche. Rentré chez lui, il écrit à son interlocuteur pour revenir sur certains points de l'entretien : « Il est très vrai, comme « vous avez bien reconnu, qu'on ne saurait faire assez « de réflexion sur toutes les choses pendant la chaleur « de la conversation, à moins que de s'assujettir à des « loix rigoureuses, ce qui serait trop ennuyeux. Mais il « est bien plus commode d'observer ces loix sur le « papier. Je l'ai voulu essayer. » Le problème qui l'inquiète, c'est « si l'espace est réellement distinct de « la matière, s'il y peut avoir un vuide, ou si plustost « tout ce qui est étendu est matière. Vous souteniez le « dernier... » Il a essayé d'appliquer à l'argumentation cartésienne la méthode qui lui est chère, à savoir de la mettre en forme pour en saisir le défaut. Cette méthode l'a conduit à formuler une critique qu'il sent faible ; et finalement, ce qu'il trouve de mieux, c'est de signaler « un certain penchant que tous les hommes ont, de concevoir un espace distinct de la matière. » En somme, il n'est pas sûr de lui, et cherche une assiette solide en dehors du cartésianisme et contre lui.

La première et la troisième lettre sont de Leibniz. Malebranche n'en a écrit qu'une. Il n'a répondu à Leibniz que tout à fait à regret, et une seule fois. On le voit peu disposé à entretenir une correspondance en règle. « Je crois, « écrit-il, qu'il y a encore bien plus de temps à perdre « et de difficulté à vaincre dans les disputes par écrit « que dans celles qui se terminent dans la conversation. »

Sans que Malebranche ait pris un ton magistral, on sent pourtant que Leibniz, plus jeune, d'ailleurs, de 8 ans, n'est qu'un écolier obscur en face d'un maître glorieux.

Mentionnons pour mémoire une autre série de lettres qui s'ouvre 4 ou 5 ans plus tard, le 13 janvier 1679. C'est à l'occasion de l'apparition de deux livres de Malebranche publiés en 1677 sans nom d'auteur, les *Conversations chrétiennes*, et les *Petites méditations*. Malebranche se défend d'être l'auteur du premier. « On donne ici à M. l'abbé Catelan le livre... » Leibniz répond, peut-être avec quelque malice : « L'abbé Catelan, à qui vous donnez « les *Conversations chrétiennes*... doit être habile homme « et... est tout à fait entré dans vos sentiments. »

C'est encore ici de Leibniz qu'est venue l'initiative, mais d'un Leibniz plus sûr de soi et qui, s'il n'est pas encore en possession des grandes thèses de sa doctrine, sait réfuter Descartes.

Cette deuxième série comprend trois lettres (1) qui datent toutes trois de 1679, et c'est encore Leibniz qui fait presque tous les frais. Malebranche montre une discrétion extrême, estimant qu'il y a d'autres choses « qui sont plus essentielles » que la mécanique.

Jusqu'ici, entre Malebranche et Leibniz, aucun contact nouveau, malgré la rencontre et la correspondance, ne s'est établi.

(1) GERHARDT: *Phil.*, I, pp. 327-333. Lettres IV, V, VI.

CHAPITRE III

Les instances de Leibniz contre la mécanique de Descartes et de Malebranche. Le Principe de Continuité

L'année 1686 est celle où Leibniz écrivit le *Discours de Métaphysique* ; vers cette époque, sa philosophie était donc fixée, et il en donna des « échantillons » en une série d'opuscules et d'articles. A cette série appartient le célèbre article publié précisément en 1686 dans les *Acta Eruditorum* de Leipzig : la *Brevis demonstratio* (1), ou *Courte démonstration de l'erreur mémorable commise par Descartes et autres lorsqu'ils évaluent par la quantité de mouvement la force que Dieu conserve dans l'univers*. On connaît cette démonstration, que Leibniz a reproduite en cent endroits, et notamment dans le *Discours de Métaphysique* : si l'on admet, avec les cartésiens, et conformément à la raison, que la force mouvante se conserve dans l'univers, et qu'il en faut la même quantité pour monter m à la hauteur e que pour monter m' à la hauteur e' , à condition que $me = m'e'$, tout cela admis, il est impossible que la force mouvante soit mesurée par mv , car Galilée a montré que dans la chute libre des corps, l'espace parcouru est proportionnel au carré de la vitesse acquise, et l'étude du pendule prouve que, dans la remontée verticale, l'espace parcouru est proportionnel au carré de la

(1) DUTENS : III, pp. 180-182.

vitesse initiale ; par conséquent, la constance du produit mv amènerait dans certains cas une déperdition et dans d'autres cas un accroissement de force ascensionnelle, l'un et l'autre absurdes.

L'article de Leibniz, reproduit dans les *Nouvelles de la République des lettres*, en septembre 1686, y était accompagné de la riposte d'un cartésien, l'Abbé C. ou D. C. (l'abbé de Conti ou l'abbé Catelan) : plutôt que de donner raison à Leibniz, l'abbé préférerait abandonner le principe de la conservation universelle de la force mouvante et restreindre la loi cartésienne aux machines simples, c'est-à-dire au cas où la force mouvante et son effet sont liés par un mécanisme qui les rend « isochrones » (1). A quoi Leibniz n'eut pas de peine à répliquer que cette tactique du désespoir lui donnait cause gagnée et qu'au surplus n'importe quels phénomènes de chute ou d'ascension peuvent être rendus « isochrones », par exemple au moyen du plan incliné, qui allonge ou raccourcit leur durée comme on veut, sans que la loi des vitesses soit changée de manière à donner raison aux cartésiens (2).

Leibniz énonçait ensuite son propre principe de la conservation de la force vive mv^2 . Puis, pour donner une application de sa formule, il critiquait une des lois du choc présentées par Descartes dans les *Principes* : il prouvait que cette loi donnait aux corps, après le choc, une force dont on pouvait constater, en l'employant comme force ascensionnelle, qu'elle était fort diminuée. Enfin, Leibniz critiquait les règles du choc de Malebranche. Nous donnons intégralement le passage (3) : « Le célèbre auteur de la *Recherche de la Vérité* a bien « vû quelques erreurs de M. des Cartes en ces matières,

(1) GERHARDT : *Phil.*, II, pp. 40-42, et DUTENS, III, p. 182.

(2) GERHARDT : *Phil.*, III, pp. 42-49.

(3) GERHARDT, *Phil.*, pp. 46-48, Lettre II, de Leibniz à Bayle.

« mais comme il présupposoit la maxime que je refuse (1)
 « il a cru que des 7 règles cartésiennes la 1, 2, 3 et 5
 « estoient véritables, au lieu que la seule première, qui
 « est manifeste d'elle-même, est soutenable (2). Le
 « même auteur de la *Recherche*, raisonnant dans la
 « supposition des corps durs sans ressort, veut qu'ils ne
 « doivent rejaillir ny se séparer l'un de l'autre, après le
 « choc, que lorsqu'ils vont l'un contre l'autre avec des vis-
 « tesses reciproques à leurs grandeurs (3), et qu'en tous
 « les autres cas ils iront de compagnie après le choc, en
 « gardant la première quantité de mouvement. Mais
 « voicy une grande difficulté que j'y trouve. Soit corps
 « *B*, 2, vistesse 1, et corps *C*, 1, vistesse, 2, qui vont
 « directement l'un contre l'autre, il accorde qu'ils
 « rejailliront avec les vistesesses qu'ils avoient. Mais si on
 « suppose la vistesse ou grandeur de l'un des corps,
 « comme *B*, tant soit peu augmentée, il veut qu'ils aillent
 « tous deux ensemble du costé où *B* seul alloit aupa-
 « ravant, ce qui sera à peu près avec une vistesse comme
 « $\frac{4}{3}$, supposé le changement fait à l'égard de *B*, si petit
 « qu'en calculant la quantité de mouvement, on puisse
 « retenir les premiers nombres sans erreur considérable.
 « Mais, est-il croyable, que pour un changement aussi
 « petit que l'on voudra, fait dans la supposition à
 « l'égard du corps *B*, il en résulte une si grande diffé-
 « rence dans l'évènement, en sorte que tout le rejail-
 « lissement cesse, et que *B*, qui devoit auparavant
 « retourner en arrière avec une vistesse 4, maintenant,

(1) C'est-à-dire : le principe de la conservation du mouvement *m v*.

(2) Cette première règle (il s'agit des règles des *Principes*) concerne deux corps de même masse s'affrontant avec des vitesses égales et contraires. Descartes dit que ces deux corps rejaillissent avec leurs vitesses retournées. C'est la seule de ses règles qui soit juste, et elle ne s'accorde pas avec les règles 2, 3 et 5, selon lesquels les corps choqués *collent* après le choc. Leibniz aura beau jeu de mettre en évidence la discontinuité.

(3) C'est-à-dire lorsque $m v_o = m' v'_{o'}$.

« pour avoir tant soit peu plus de force, doive non
 « seulement ne pas aller en arrière, mais aller même en
 « avant avec une vistesse presque comme $\frac{4}{3}$? Ce qui
 « est d'autant plus estrange qu'avant le choc il n'alloit
 « en avant qu'avec une vistesse à peu près comme 1.
 « Ainsi le corps contraire, au lieu de faire reculer ou
 « moins avancer celuy cy par un choc opposé, le feroit
 « avancer davantage, et l'attireroit quasi à soy, ce qui
 « est hors de toute apparence (1). Comme c'est l'auteur
 « de la *Recherche de la Vérité* à qui nous sommes rede-
 « vables de la correction des quelques préjugés carté-
 « siens assez considérables, tant ailleurs (2) que sur
 « cette matière, il m'a paru à propos de faire connoistre
 « ici ce qui restoit encore à dire. Et m'assurant qu'il
 « n'a pas moins d'honesteté que de penetration, bien
 « loin de craindre qu'il le puisse trouver mauvais, je
 « m'attends à son approbation.

« Cependant, je croy que M. des Cartes, qui a oublié
 « dans ses règles de marquer les cas quand deux corps
 « inégaux vont l'un contre l'autre avec des vistes
 « inégales (3), auroit esté obligé en ce même cas précé-

(1) C'est-à-dire, soit deux corps B et C se heurtant ; leurs masses sont, par hypothèse, 2 et 1, leurs vitesses 1 et 2. En vertu de la loi de Malebranche, ils doivent rejaillir chacun avec sa vitesse première, renversée. Supposons à présent que B ait la vitesse $1 + \epsilon$ ou la masse $2 + \epsilon$. La règle change ; maintenant les deux corps *collent* et vont tous deux ensemble dans le sens où B allait avant le choc. Leur vitesse commune est sensiblement (sans tenir compte de ϵ) $\frac{(2 \times 1) + (1 \times 2)}{2 + 1} = \frac{4}{3}$. Donc il a suffi d'un changement ϵ à sa masse ou à sa vitesse pour que B, qui d'abord rejaillissait avec la vitesse 1, continue son chemin avec une vitesse sensiblement égale à $\frac{4}{3}$; et avant le choc, il avait la vitesse 1 ou $1 + \epsilon$; après le choc il a la vitesse $\frac{4}{3}$; le corps qui l'a heurté a donc accru sa vitesse, comme s'il l'attirait, ce qui est absurde.

(2) Malebranche a déclaré absurde l'action réciproque du corps et de l'âme. Leibniz lui en a fait compliment dans la lettre du 13 janvier 1679.

(3) En effet, dans les *Principes* ce cas manque. Si Descartes y avait pensé, dit Leibniz, vraisemblablement il l'eût résolu comme Malebranche, à savoir par la règle $v = v' = \frac{mv_0 + m'v'_0}{m + m'}$, les deux corps *collant* et le plus fort entraînant l'autre : c'est ainsi en effet que Descartes résout (règle 3) le cas où $m = m'$.

« dent de dire la même chose que l'auteur de la *Recherche*
« autant que je puis juger par la 3^e règle, dans laquelle
« ils conviennent tous deux. Mais il s'y trouvera encore
« l'inégalité de l'effect et de la cause, comme il seroit
« aisé de monstrier par le calcul, à l'exemple de la 3^e règle.
« Cette inégalité se trouve aussi en ce que dit l'auteur
« de la *Recherche* pour corriger la 4^e, 6^e ou 7^e règle de
« M. des Cartes. Par exemple à l'égard de la 6^e, soit *B*,
« 1 livre, vistesse, 4, *C*, d'une livre et en repos. Il veut
« qu'ils aillent de compagnie après le choc avec une
« vistesse, 2. Donc au lieu qu'auparavant il y avoit
« une force capable d'élever une livre de 16 pieds, il n'y
« aurait maintenant qu'une force capable d'élever deux
« livres à 4 pieds, et la moitié de la force seroit perdue.
« Selon M. des Cartes, en ce cas *B* et *C* iront d'un même
« costé, et la vistesse de *B* sera 3, de *C*, 1, donc en tout
« il y aura une force capable d'élever une livre à 10 pieds,
« et plus que le tiers de la force sera perdu (1).

« J'ajouteray une remarque de consequence pour
« la Métaphysique. J'ay monstrier que la force ne se doit
« pas estimer par la composition de la vistesse et de
« la grandeur, mais par l'effect futur. Cependant,
« il semble que la force ou puissance est quelque chose
« de réel, dès à présent, et l'effect futur ne l'est pas.
« D'où il s'ensuit, qu'il faudra admettre dans les corps
« quelque chose de différent de la grandeur et de la vistesse,
« à moins qu'on veuille refuser aux corps toute la puis-
« sance d'agir. Je croy d'ailleurs que nous ne concevons
« pas encore assez parfaitement la matière et l'étendue
« même. L'auteur de la *Recherche de la Vérité* a reconnu
« cette obscurité à l'égard de l'âme et de la pensée,
« contre le sentiment commun des Cartésiens, mais
« quant à la matière et l'étendue, il paroist convenir

(1) On voit que Leibniz applique deux procédés de critique différents : le premier consiste à appliquer la loi de continuité et le second la loi de l'égalité de l'effet et de la cause, ou de la conservation de la force mouvante.

« avec eux. Cependant il y a une marque pour recon-
« noître si une chose est suffisamment connue, que
« j'ay donnée dans un petit Essay (qui se trouve dans
« le *Journal de Leipzig*, novembre 1684) touchant l'abus
« des idées et de la connaissance prétendue claire et
« distincte » (1).

Malebranche, ainsi apostrophé, répliqua. Nous n'avons pas sa réplique, mais, comme nous en aurons la preuve ci-dessous, elle devait accorder à Leibniz beaucoup de choses. Leibniz se trouva donc encouragé à redoubler, et, tandis qu'il continuait la polémique avec l'Abbé D. C., il répliquait à Malebranche dans les termes suivants (2) :

« Lettre de M. L. sur un principe général utile à
« l'explication des loix de la nature par la considération
« de la sagesse divine, pour servir de réplique à la
« réponse du R. P. D. Malebranche.

(1) On voit qu'à présent Leibniz est en possession d'une double preuve pour montrer que la matière n'est point l'étendue : la première preuve consiste dans la réfutation du principe cartésien, car le principe cartésien est le seul possible dans l'hypothèse où la grandeur et la vitesse seraient les seules réalités mécaniques. Cette première preuve sera plus tard exposée dans la fameuse lettre du 18 juin 1691, dont nous parlerons plus loin. L'autre preuve est esquissée dans l'article 12 du *Discours de métaphysique*, duquel il faut rapprocher l'essai publié en novembre 1684, dans le *Journal de Leipzig* sous le titre *Meditationes de Cognitione, Veritate et Ideis*, et auquel justement Leibniz renvoie ici : une connaissance n'est véritablement sûre que si elle est *adéquate*, et pas seulement distincte, ni claire. Elle est *adéquate* si on possède tous ses éléments, tout ce qu'elle requiert, tous ses « réquisits ». Si on les possède explicitement, elle est *intuitive*. Or, il n'en est pas ainsi pour l'idée de l'étendue mobile. Les cartésiens l'ont crue parfaitement distincte, adéquate. Elle ne l'est pas : elle laisse hors d'elle un élément essentiel qui la conditionne. « La notion de la grandeur, de la figure et du mouvement n'est pas si distincte qu'on s'imagine et.. elle enferme « quelque chose d'imaginaire et de relatif à nos perceptions, comme le font « encore (quoique bien davantage) la couleur, la chaleur et autres qualités « semblables. » L'étendue, comme la durée et le nombre, est, en effet, répétition et multitude. Ces trois idées sont relatives à ce qui est étendu, à ce qui est nombre, à ce qui dure. Elles ne sont qu'extériorité ; s'il n'y a que l'étendue et la durée, le corps s'émiette et s'évanouit, son existence se disloque en instants : « S'il n'y a point d'autre principe d'identité dans les corps que ce que nous venons de dire, jamais un corps ne subsistera plus d'un moment. » La perception, qui met l'espace en perspective, l'appétition, qui ramasse le passé pour le projeter vers l'avenir, donnent seules l'intelligibilité complète et adéquate à l'espace et au temps.

(2) GERHARDT, *Phil.*, III, pp. 54 à 55.

« J'ay veu dans les *Nouvelles de la République des Lettres* ce que le R. P. de Malebranche répond à la remarque que j'avois faite sur quelques loix de la nature, qu'il avoit établies dans la *Recherche de la Vérité*. Il semble assés disposé à les abandonner luy-même, et cette ingénuité est fort louable ; mais comme il en donne des raisons et des restrictions qui nous feroient rentrer dans l'obscurité dont je crois d'avoir tiré ce sujet, et qui choquent un principe de l'ordre général que j'ay remarqué, j'espere qu'il aura la bonté de permettre que je me serve de cette occasion, pour expliquer ce principe, qui est de grand usage dans le raisonnement, et que je ne trouve pas encor assés employé ny assés connu dans toute son étendue. Il a son origine de l'infini, il est absolument nécessaire dans la Géométrie, mais il réussit encor dans la physique, parce que la souveraine sagesse, qui est la source de toutes choses, agit en parfait géometre, et suivant une harmonie à laquelle rien ne se peut ajouter. C'est pourquoi ce principe me sert souvent de preuve ou examen pour faire voir d'abord et par dehors le défaut d'une opinion mal concertée avant même que de venir à une discussion intérieure. On le peut enoncer ainsi : *Lorsque la différence de deux cas peut estre diminuée au dessous de toute grandeur donnée in datis ou dans ce qui est posé, il faut qu'elle se puisse trouver aussi diminuée au-dessous de toute grandeur donnée in quæsitis ou dans ce qui en résulte, ou pour parler plus familièrement : Lorsque les cas (ou ce qui est donné) s'approchent continuellement et se perdent enfin l'un dans l'autre, il faut que les suites ou évènements (ou ce qui est demandé) le fassent aussi* (1). Ce qui dépend encor d'un principe plus général,

(1) Principe qui règle le calcul infinitésimal ou, comme dit Leibniz, qui « a son origine de l'infini ». C'est le principe de continuité, dont l'énoncé physique serait : « la nature ne fait pas de saut. »

« sçavoir : *Datis ordinatis etiam quæsitæ sunt ordinata* (1).
« Mais pour l'entendre, il faut des exemples. L'on sçait
« que le cas ou la supposition d'une ellipse se peut
« approcher du cas d'une parabole autant qu'on veut,
« tellement que la différence de l'ellipse et de la parabole
« peut devenir moindre qu'aucune différence donnée,
« pourveu que l'un des foyers de l'ellipse soit assés
« éloigné de l'autre, car alors les rayons venans de ce
« foyer éloigné differeront des rayons paralleles aussi
« peu que l'on voudra, et par conséquent tous les
« theoremes geometriques qui se verifient de l'ellipse
« en général, pourront estre appliquées à la parabole,
« en considerant cellecy comme une ellipse dont un des
« foyers est infiniment éloigné ou (pour éviter cette
« expression) comme une figure qui differe de quelque
« ellipse moins que d'aucune difference donnée. Le
« même principe a lieu dans la physique, par exemple
« le repos peut estre considéré comme une vistessee
« infiniment petite, ou comme une tardité infinie. C'est
« pourquoy tout ce qui est véritable à l'égard de la
« tardité ou vistessee en général, doit se vérifier aussi du
« repos pris ainsi, tellement que la règle du repos doit
« estre considérée comme un cas particulier de la règle
« du mouvement : autrement, si cela ne reussit pas, ce
« sera une marque asseurée, que les règles sont mal con-
« certées. De même l'égalité peut estre considérée
« comme une inégalité infiniment petite, et on peut
« faire approcher l'inégalité de l'égalité autant qu'on
« veut.

« C'est, entre autres, faute de cette considération que

(1) Ce principe est celui de *l'ordre*, ou de *l'harmonie* et de *la convenance*. C'est un corollaire du principe de raison. Il s'applique au calcul infinitésimal, puisque la dérivée est la convenance entre la fluxion de l'abscisse et celle de l'ordonnée ; il règle aussi la métaphysique, puisque Dieu « proportionne » toutes les substances les unes aux autres en tout événement, et fait que toutes leurs perceptions « s'entre répondent » et s'expriment mutuellement. (*Disc. de Métaph.* § 14). On pourrait l'appeler le principe de l'expression réciproque universelle.

« M. des Cartes, tout habile homme qu'il estoit, a
« manqué plus d'une façon dans ses prétendues loix
« de la nature ; car (pour ne pas repeter à présent ce que
« j'ay dit cydevant de l'autre source de ses erreurs,
« quand il a pris la quantité de mouvement pour la
« force) sa première et sa seconde règle (par exemple)
« ne s'accordent point... (1).

« ... Il y a plusieurs autres incongruités semblables,
« qui résultent des règles Cartésiennes, que l'attention
« d'un lecteur appliquant notre principe y remarquera
« aisément, et celle que j'avois trouvée dans les règles
« de la *Recherche de la Vérité* venait de la même source.
« Le R. P. de Malebranche avoue en quelque façon,
« qu'il y a de l'inconvenient, mais il ne laisse pas de
« croire que les loix du mouvement dependant du bon
« plaisir de Dieu, il en pourrait establir d'aussi irre-
« gulières que celles-là (2). Mais le bon plaisir de Dieu
« est réglé par sa sagesse, et les Geomètres seroient
« presque aussi surpris de voir arriver dans la nature
« ces sortes d'irregularités, que de voir une parabole à
« qui on ne pourroit appliquer les propriétés de l'ellipse
« à foyer infiniment éloigné. Aussi ne rencontrera-t-on
« point, je pense, d'exemple dans la nature de tels
« inconveniens, plus on la connoist et plus on la trouve
« Geometrique. Il est aisé aussi de juger par là que ces
« inconveniens ne viennent pas proprement de ce que le
« R. P. D. M. en accuse, sçavoir de la fausse hypothèse
« de la parfaite dureté des corps, que j'accorde ne se
« trouver pas dans la nature. Car, quand on y suppose-
« roit cette dureté, en la concevant comme un ressort

(1) Nous supprimons un passage qui présente une critique des deux premières règles du choc de Descartes : cette critique consiste à montrer une discontinuité entre ces deux règles, suivant la méthode déjà employée.

(2) C'est, en effet, ce que dit Malebranche. Son opinion ne s'étend d'ailleurs qu'aux lois du mouvement, et non point, comme chez Descartes, à toutes les vérités éternelles. Leibniz s'est attaqué, dans le *Discours de Métaphysique* (art. 2), à l'opinion de Descartes sur l'origine arbitraire des vérités éternelles.

« infiniment prompt, il n'en resultera rien icy qui ne se
« doive ajuster parfaitement aux veritables loix de la
« nature à l'égard des corps à ressort en général, et
« jamais on ne viendra à des règles aussi peu liées que
« celles où j'ay trouvé à redire.

« Il est vrai que, dans les choses composées, quelques
« fois un petit changement peut faire un grand effect,
« comme par exemple une étincelle tombant dans une
« grande masse de la poudre à canon est capable de
« renverser toute une ville. Mais cela n'est pas contraire
« à nostre principe, car on en peut rendre raison par
« les principes generaux mêmes, mais à l'égard des
« principes ou choses simples, rien de semblable ne
« sçaurait arriver, autrement la nature ne seroit pas
« l'effect d'une sagesse infinie. On voit par là, un peu
« mieux que dans ce qui s'en dit communément, com-
« ment la veritable physique doit estre puisée effecti-
« vement de la source des perfections divines. C'est
« Dieu qui est la dernière raison des choses, et la connois-
« sance de Dieu n'est pas moins le principe des sciences,
« que son essence et sa volonté sont les principes des estres.
« Les Philosophes les plus raisonnables en demeurent
« d'accord, mais il y en a bien peu qui s'en puissent
« servir pour découvrir des verites de consequence.
« Peut-estre que ces petits echantillons reveilleront
« quelques uns, pour aller bien plus loin. C'est sanctifier
« la philosophie que de faire couler ses ruisseaux de la
« fontaine des attributs de Dieu. Bien loin d'exclure les
« causes finales et la consideration d'un estre agissant
« avec sagesse, c'est de là qu'il faut tout deduire en
« physique. C'est ce que Socrate dans le *Phédon* de
« Platon a déjà admirablement bien remarqué, en
« raisonnant contre Anaxagore et d'autres philosophes
« trop materiels, lesquels, après avoir reconnu d'abord
« un principe intelligent au-dessus de la matière, ne
« l'employent point, quand ils viennent à philosopher

« sur l'univers, et au lieu de faire voir que cette intel-
« ligence fait tout pour le mieux et que c'est là la raison
« des choses qu'elle a trouvé bon de produire confor-
« mément à ses fins, tachent d'expliquer tout par le
« seul concours des particules brutes, confondant les
« conditions et les instrumens avec la véritable cause. —
« C'est (dit Socrate) comme si, pour rendre raison de
« ce que je suis assis dans la prison attendant la coupe
« fatale, et que je ne suis pas en chemin pour aller chez
« les Beotiens ou autres peuples, où l'on sçait que
« j'aurois pu me sauver, on disoit que c'est parce que
« j'ay des os, des tendons et des muscles qui se peuvent
« plier comme il faut pour estre assis. Ma foy (dit-il) ces
« os et ces muscles ne seroient pas icy, et vous ne me
« verriez pas en cette posture, si mon esprit n'avoit
« jugé qu'il est plus digne de Socrate de subir ce que
« les loix de la patrie ordonnent (1). — Cet endroit de
« Platon merite d'estre lû tout entier, car il y a des
« reflexions tres belles et tres solides. Cependant,
« j'accorde que les effects particuliers de la nature se
« peuvent et se doivent expliquer mecaniquement, sans
« oublier pourtant leurs fins et usages admirables, que
« la Providence a sceu menager, mais les principes gene-
« raux de la physique et de la mecanique même depen-
« dent de la conduite d'une intelligence souveraine, et
« ne scauraient estre expliqués sans la faire entrer en
« consideration. C'est ainsi qu'il faut reconcillier la
« pieté avec la raison, et qu'on pourra satisfaire aux
« gens de bien, qui apprehendent les suites de la philo-
« sophie mecanique ou corpusculaire, comme si elle
« pouvoit eloigner de Dieu et des substances immate-
« rielles, au lieu qu'avec les corrections requises et tout
« bien entendu, elle nous y doit mener. »

(1) Ce passage est celui que Leibniz avait l'intention d'insérer dans l'art. 20
du *Discours de métaphysique* où il en avait laissé la place en blanc.

On voit que depuis 1672, Leibniz a fait d'immenses progrès. Pendant son séjour à Paris il s'était fait très rapidement une éducation mathématique approfondie. Dans le courant de 1673, il inventait déjà et perfectionnait lui-même les méthodes que lui avaient révélées les conversations avec Huyghens et la lecture de Pascal (1). En novembre 1675, il avait découvert, en lisant Pascal et par une illumination subite, la méthode fondamentale du calcul infinitésimal, celle qui consiste à rapporter aux éléments d'une grandeur finie ceux d'une grandeur évanouissante. Parti de Paris, il avait encore perfectionné sa découverte, et enfin réussi à traduire le principe de sa méthode, d'abord purement géométrique, dans le langage de l'algèbre cartésienne (1684) (2). Enfin, en mécanique, comme nous l'avons vu, il avait, toujours grâce aux leçons d'Huyghens, qu'il avait interprétées, en élève génial, avec une pénétration supérieure à celle du maître, découvert le principe de la conservation de la force vive.

Il avait donc dégagé, en analyse et en mécanique, deux idées qui deviendront fondamentales et qui changeront, en quelque sorte, la forme de l'intelligibilité mathématique : la notion de force vive et l'idée de continuité.

La force vive est une grandeur *scalaire*, tandis que la vitesse est une grandeur *vectorielle*. Une grandeur scalaire est une grandeur qui n'est pas liée à la direction dans laquelle elle agit et qui, par conséquent, est toujours positive et représentée par des nombres arithmétiques. La force vive est le produit de la masse, qui est une grandeur scalaire, par le carré (toujours positif) de la vitesse. Elle est donc toujours positive ; c'est donc bien une grandeur scalaire. Il n'en est pas ainsi de la vitesse,

(1) *Catalogue Critique* etc., pp. XIII-XIV.

(2) BRUNSCHWIG : *Les étapes de la philosophie mathématique*. Paris, Alcan, 1912, pp. 172-176.

dont la valeur absolue est inséparable de sa direction et qu'on ne peut faire entrer dans les opérations indépendamment de cette direction ; c'est une grandeur vectorielle. Descartes avait cru qu'elle est scalaire : il distinguait en elle la direction, qu'il appelait *détermination*, et la vitesse proprement dite (1). Il traitait la détermination comme un vecteur et la vitesse comme une quantité arithmétique. Leibniz a fait remarquer que cette erreur lui permettait de faire, dans le monde physique, la place de la liberté morale, car l'âme peut agir sur le corps en déviant son mouvement sans en changer la quantité (2). La conception de la vitesse et par conséquent de la quantité de mouvement comme grandeur vectorielle ne laisse point cette ressource : le déterminisme se trouve clos de toute part : « (Descartes) a cru que l'âme pouvait changer la direction des corps. Mais c'est parce qu'on n'a point su de son temps la loi de la nature, qui porte encore la conservation de la même direction totale. S'il l'avait remarquée, il serait tombé dans mon système de l'harmonie préétablie » (3).

Certes, dans le choc, la quantité de mouvement se conserve, mais elle se conserve à sa façon, c'est-à-dire que sa résultante *algébrique* est constante. Tandis que Descartes la traitait comme une grandeur scalaire, dont la somme *arithmétique* serait constante (4).

Les cartésiens pouvaient comprendre assez vite la première innovation de Leibniz : elle était dans la ligne cartésienne et, en somme, c'était un cartésien, Huyghens, qui en était, sinon l'initiateur, au moins le premier

(1) *Principes* II, art. 41. A. T., IX, p. 87 « ... la différence qui est entre le mouvement d'une chose et sa détermination vers un côté plutôt que vers un autre, laquelle différence est cause que cette détermination peut être changée, sans qu'il y ait rien de changé au mouvement ».

(2) *Théodicée*, §§ 59-61.

(3) *Monadologie*, art. 80.

(4) Nous renvoyons de nouveau, pour la distinction entre quantités scalaires et vectorielles à BOUASSE : *Introduction etc...*, pp. 226-230.

inventeur, l'inventeur un peu inconscient. Mais ils devaient avoir beaucoup plus de peine à se plier aux exigences du principe de continuité qui « a son origine de l'infini ».

Le principe de continuité était la base du nouveau calcul infinitésimal. Les Cartésiens répugnaient aux « raisonnements... fondés sur les divisions à l'infini... « qui sont des raisonnements très suspects, comme celui « que les anciens faisaient pour prouver qu'Achille ne « pourrait jamais attraper une tortue, auquel raison- « nement il est difficile de répondre et d'en donner la « solution ; mais on en démontre la fausseté par l'expé- « rience, et par d'autres raisonnements plus faciles à « concevoir. » Ainsi parle l'abbé Mariotte (1). Et les cartésiens ne s'aperçoivent pas que, tout justement, Leibniz vient de ramener *les raisonnements fondés sur les divisions à l'infini* au type d'intelligibilité cartésien.

Malebranche était plus près peut-être que les autres cartésiens de céder aux raisons de Leibniz ; c'est pourquoi Leibniz s'adresse en fin de compte, à lui. Mais Malebranche, en cédant à Leibniz, savait n'abandonner qu'un cartésianisme un peu formel et déjà suranné, une vieille idole cartésienne : dès qu'on assemble des idées claires et distinctes, on est cartésien, même si l'on donne tort à Descartes.

D'un autre côté, Malebranche était beaucoup moins disposé que beaucoup de cartésiens à rendre les idées claires et distinctes, responsables, en quelque sorte, de la physique. Les lois du mouvement dépendent du bon plaisir de Dieu, c'est-à-dire qu'on ne peut pas les tirer — comme avait voulu faire Descartes — des attributs divins ou des exigences de la raison (2).

(1) *Œuvres de M. Mariotte...* La Haye, MDCCXL, p. 81 du t. I.

(2) Il y a une dualité irréductible entre le « mathématisme » du monde intelligible et le « mécanisme » du monde sensible, dit M. BRUNSCHVIG. Cf. : *Les étapes de la philosophie mathématique*, § 87.

La situation était donc la suivante : Leibniz s'adressait, dans l'école cartésienne, au penseur le plus indépendant, le plus affranchi des préjugés d'école, le plus capable d'apprécier la valeur des idées claires, quelle que fût leur provenance. Mais il se trouvait que l'adhésion de ce penseur n'avait pas l'importance que Leibniz y attachait, parce que, pour ce penseur, le monde physique ne se déduisait pas d'un système d'idées claires. De là la protestation de Leibniz : « le bon plaisir de Dieu est réglé par sa sagesse. »

Cette adhésion, Leibniz l'eut à la longue, nous allons le voir. Mais elle fut aussi déterminée par les réflexions que firent faire à Malebranche les expériences de l'abbé Mariotte, qui était cartésien.

CHAPITRE IV

Les expériences de l'abbé Mariotte

Nous devons parler ici des expériences de l'abbé Mariotte puisque Malebranche a témoigné lui-même de les avoir connues et a mentionné avec éloge « l'excellent ouvrage de M. Mariotte : *De la percussion ou du choc des corps*. »

Cet ouvrage parut pour la première fois en 1676 à Paris, où il eut assez vif succès : il avait déjà trois éditions en 1679 (1). L'application qu'il fait d'une méthode expérimentale très simplement et très ingénieusement conçue, la manière originale et convaincante dont il procède à la division et à la résolution des difficultés le rendent très digne de l'approbation de Malebranche.

L'abbé Mariotte est un cartésien, et, comme on peut s'en douter par la citation que nous avons faite plus haut (2), il n'était pas exempt des préjugés et des erreurs systématiques de l'école cartésienne. Il affirme dans son *Traité de la percussion* « qu'un corps qui « tombe dans l'air libre commence à tomber avec une « vitesse déterminée et qui n'est pas infiniment petite, « c'est-à-dire qu'elle est telle qu'il y en peut avoir de « moindres en différents degrés » (3).

(1) Nous renvoyons aux *Œuvres de M. Mariotte, de l'Académie Royale des Sciences*, Nouvelle édition, 2 v. La Haye MDCCXL. Le *Traité de la percussion ou du choc des corps* est au T. I, pp. 1-117.

(2) *Vide supra*, p. 58.

(3) *Op. cit.*, p. 77.

La raison de cette proposition est d'abord qu'il faut écarter la difficulté de l'infini ; en outre, on doit pouvoir, en vertu des conceptions fondamentales de la mécanique cartésienne, comparer un choc avec la pression d'un poids, et, par exemple, trouver le poids et le choc capables d'écrasser le même canon de verre ; une proportion très simple donne alors la vitesse initiale du poids : pour un poids de 400 livres, elle est de 4 lignes à la seconde (1). Descartes s'était proposé le même problème (2).

Mais à côté de ces faiblesses, l'abbé fait preuve d'un beau talent d'expérimentateur. Son mérite est d'avoir, par un procédé expérimental très simple, et en commençant par le choc des corps mous, c'est-à-dire dépourvus de ressort, établi les lois si délicates qui régissent les corps élastiques. Son dispositif expérimental consiste en deux pendules simples égaux, entre les poids desquels le contact doit exactement se produire lorsqu'ils sont à la position d'équilibre. Les vitesses respectives de ces pendules sont faciles à calculer par les équations de Galilée : si on confond (ce qui est légitime pour les petits arcs) l'arc et la corde, la vitesse est comme l'arc (3). Etudiant ainsi le choc de deux boules de terre glaise, qu'il accroche à ses pendules, Mariotte établit aisément les lois du choc des corps mous : ces lois se résument dans la formule $V = V' = \frac{m v_0 + m' v'_0}{m + m'}$ (algébriquement).

Il montre que ces lois régissent aussi les corps absolument durs (4).

Mariotte calcule ensuite le « ressort », qu'il a étudié

(1) *Ibid.*, p. 80.

(2) Descartes avait cru que l'on peut calculer, au moyen d'une balance, le poids capable d'équilibrer tel choc. Voir l'exposé de cette question dans BOURASSÉ : *Introduction à l'étude des Théories de la mécanique*, pp. 205-206.

(3) *Œuvres de Mariotte*, I, pp. 5-9.

(4) *Ibid.*, pp. 10-22 et p. 28.

expérimentalement sur des cordes tendues et des verges métalliques. Il en applique la loi au cas le plus simple, celui où $m v_o = m' v'_o$, où les corps, par conséquent, s'arrêteraient s'ils étaient mous. On suppose donc qu'ils s'arrêtent d'abord, puis on leur rend la vitesse que leur restitue le ressort (1). Si nous supposons maintenant que $m v_o$ et $m' v'_o$ sont inégaux, il suffit de se rappeler qu'après la rencontre, les deux corps ont une translation commune, à laquelle le ressort vient « se mélanger » (2) ; les résultats ainsi trouvés se confirment si l'on expérimente avec des boules « d'ivoire ou de jaspe ».

Mariotte a remarqué qu'après un premier choc, si les corps se choquent une seconde fois avec les vitesses acquises par le premier, ils reprendront, après le 2^e choc, les vitesses qu'ils avaient avant le premier (3). Quelque chose s'est donc conservé. C'est ce qu'on voit aussi quand on remarque que le centre commun de gravité des corps qui se heurtent avec des vitesses uniformes garde, après le choc, sa vitesse de translation (4). Mais ce quelque chose n'est pas la quantité *absolue* de mouvement qui, en général, ne reste pas constante (5).

(1) *Ibid.*, p. 29.

(2) *Ibid.*, p. 37.

(3) *Ibid.*, p. 42.

(4) *Ibid.*, pp. 62-64.

(5) *Ibid.*, pp. 44-52.

CHAPITRE V

La seconde forme des lois du choc chez Malebranche L'opuscule de 1692

Leibniz avait eu raison de compter sur la bonne foi et la docilité de Malebranche : celui-ci, après réflexion, publia un opuscule de 44 pages, destiné à corriger la quatrième édition de la *Recherche*, et qui s'intitule *Des lois de la communication des mouvements, par l'auteur de la Recherche de la Vérité*, chez Pralard, Paris 1692. » Dans la préface, Malebranche priait le lecteur de « substituer cet écrit à la place » de la 2^e partie du dernier chapitre de la *Recherche*.

« On sera peut-être surpris, ajoute Malebranche, de ce que j'ai attendu si tard à reconnaître mon erreur. Mais la vérité est que je négligeais cette matière, et si je n'eusse lu par hasard dans les *Nouvelles de la République des lettres* quelques objections de M. de Leibnits, je n'y aurais peut-être pensé de ma vie. »

En quoi a consisté l'influence de Leibniz ?

D'abord, notons que Leibniz n'a pas réussi à convaincre Malebranche que le principe cartésien de la conservation du mouvement est faux. Malebranche ne voit pas d'ailleurs l'intérêt de la question, il pense que la formule du principe de conservation de la force dépend d'« une volonté arbitraire du Créateur ». Le principe cartésien est donc seulement prouvé par l'expérience, ce qui, aux yeux de Leibniz, est double-

ment faux : d'abord parce que le principe cartésien découle nécessairement des postulats proprement cartésiens, ensuite parce que ce principe est contraire à l'expérience.

Ce n'est donc pas sur ce point que Leibniz a influencé Malebranche ; en revanche, il lui a fait corriger ses lois dans le sens de la continuité. Nous avons dit que les lois primitives de Malebranche se ramènent à la formule

$$v = v' = \frac{m v_o + m' v'_o}{m + m'},$$

à l'exception du cas où les corps se heurtent avec la même force, c'est-à-dire où on a $m v_o = m' v'_o$. Cette exception est réglée par la loi suivante : les deux corps reviennent en arrière chacun de leur côté avec leur vitesse changée de sens. Or, de cette matière, on ne peut passer par continuité des cas d'inégalité aux cas d'égalité. Malebranche voulut y remédier. Il y avait pour cela deux façons possibles de procéder : ramener les cas d'égalité aux cas d'inégalité, ou l'inverse. Malebranche ne pouvait pas prendre la première solution ; car de quel côté envoyer, après le choc, les deux corps égaux en force ? Les arrêter eût été renoncer au principe cartésien. Il fit donc l'inverse et partit du cas d'égalité. Voilà donc un point sur lequel il fit effort pour satisfaire Leibniz.

D'un autre côté, Malebranche a été amené par Leibniz à tenir compte de la vitesse relative, qui permet précisément d'établir une continuité facile entre les cas où l'un des corps est immobile et ceux où l'un des corps poursuit l'autre, qui fuit devant lui ; il est clair que, dans ce dernier cas, on peut dire que le corps fuyant est immobile et que l'autre le poursuit avec la vitesse relative. Déjà, Malebranche avait pu trouver des indications dans ce sens en certains endroits du livre de Mariotte (1).

(1) Mariotte montre que la vitesse « relative » est la même après et avant le choc (p. 43). Il se sert de la relativité de la vitesse pour résoudre les problèmes de choc oblique (pp. 57-61).

Pour résumer le Traité, qui est, d'ailleurs, extraordinairement compliqué et embarrassé (si compliqué que Leibniz s'y reprit à plusieurs fois pour le comprendre), nous nous servirons partiellement de l'analyse qu'en donne Leibniz avant de le critiquer.

« Il y donne premièrement, dit Leibniz (1), les lois
« du mouvement telles qu'elles doivent estre, quand on
« considère les corps comme parfaitement durs sans
« ressort et dans le vuide. » « ... Pour donner les loix
« dont il s'agit, on détermine premièrement la force du
« choc (2) de la manière qui revient à cecy : soit a celui
« des corps qui n'est pas le plus petit (3), et l'autre
« corps soit b ; la vitesse d' a soit c , et la vitesse de b
« soit e , et le choc soit x . Cela posé, voicy la quantité de
« choc qui sert à connoistre ces premières loix :

« Règle 1. Si ac n'est pas moindre que be , x sera le
« produit de b multiplié par la somme ou la différence
« de c et de e , savoir par la somme quand ces vitesses
« sont en sens contraire, et par la différence, quand
« elles sont en même sens ; c'est-à-dire : *quand la quantité*
« *de mouvement du corps qui n'est pas le moindre, n'est pas*
« *inférieure non plus à celle de l'autre corps, le choc sera*
« *égal au produit de l'autre corps multiplié par la vitesse*
« *respective ou avec laquelle les corps s'approchent.*

« Règle 2. Si ac est moindre que be et que les vitesses
« sont en sens contraire, x sera $ac + be$ c'est-à-dire si la
« *quantité de mouvement du corps qui n'est pas le moindre*
« *est moindre que la quantité du mouvement contraire de*
« *l'autre corps, la quantité du choc sera égale à celle du*
« *mouvement total.*

(1) GERHARDT, *Phil. I*, pp. 346 sqq., sous le titre de « *Beilage* ».

(2) La première partie repose toute entière sur la notion de quantité de choc ou « force de choc ». Malbranche désigne ainsi la fraction de la quantité de mouvement total que le choc a déplacée. Dans le cas de rencontre, le mouvement du plus faible est, après le choc, égal à la quantité de choc. Dans le cas de poursuite, le mouvement du plus lent est, après le choc, augmenté de la quantité de choc.

(3) Nous dirions : Soit a supérieur ou égal à b .

« Règle 3. Mais si *ac* estant encore moindre que *be*
« (comme dans la seconde Règle), les vistesses sont en
« même sens, alors, (comme dans la première), *x* sera
« le produit de *b* multiplié par la différence de *c* et *e*,
« c'est-à-dire : si la quantité de mouvement du corps qui
« n'est pas le moidre est la moindre, (comme dans la règle
« précédente), mais que les mouvements sont en même sens,
« la quantité du choc sera égale (comme dans la première
« règle) au produit au corps dont la quantité de mouvement
« prévaut, multiplié par la vitesse respective » (1).

En second lieu (2) Malebranche établit les lois régissant les corps mous et les corps qui, étant durcis par la pression de la matière subtile, sont en même temps élastiques, parce que la matière subtile, cédant et revenant en eux, fait ressort.

L'équation des corps mous est, chose remarquable, celle que Malebranche attribuait autrefois aux corps « durs par eux-mêmes » et que voici :

$$v = v' = \frac{m v_o + m' v'_o}{m + m'}$$

mais interprétée algébriquement, cette fois.

Quant aux corps élastiques, Malebranche indique qu'il faut les considérer, dans le choc, successivement de trois manières : d'abord, comme des corps *mous*, au moment où ils s'arrêtent mutuellement, en s'équilibrant ; ensuite comme des corps *absolument durs*, au

(1) C'est-à-dire, pour résumer tout ceci en un tableau :

Règle 1 : $ac > be$ $x = b(c-e)$, produit de la masse la plus petite par la vitesse relative.

Règle 2 : $ac < be$ Deux cas. 1^{er} cas, rencontre :
 $x = ac + be$

Règle 3 : Deuxième cas, poursuite

$x = b(c-e)$, comme dans la 1^{re} Règle.

Leibniz fait remarquer que ce cas ressemble beaucoup à celui de la règle 2 et que la solution est celle de la règle 1, ce qui est anormal, contraire à l'ordre.

(2) Les premières lois, que nous venons d'exposer d'après Leibniz, sont développées dans les 14 premiers articles. Les secondes lois, dans les articles 15-35. Les troisièmes lois, dans les articles 36-41.

moment où le plus fort agit sur le plus faible, ou bien le plus rapide sur le plus lent ; enfin, comme des corps *élastiques*, au moment où le plus faible réagit sur le plus fort. Si l'on ajoute à ces trois ordres de considérations, dans le calcul, les effets du milieu (air et éther) et ceux qui viennent de ce que le ressort est imparfait, on aura les lois expérimentales (qui sont les troisièmes lois).

Or, le lecteur ne peut s'empêcher de remarquer une chose étonnante : alors que les premières lois sont très compliquées, que leur mélange avec les deuxièmes semble devoir accroître la complication, et le calcul de l'influence du milieu rendre inextricable cette complication, on aboutit, en résultat final, à des lois très simples, dont Malebranche déclare au surplus que, quoiqu'expérimentales, elles lui paraissent absurdes. On les obtient, explique très bien Malebranche, en traitant d'abord les corps élastiques comme des corps mous, $v = v' = \frac{m v_0 + m' v'_0}{m + m'}$ puis en distribuant « réciproquement aux masses leur vitesse respective », c'est-à-dire la somme ou la différence des vitesses avant le choc. Ce qui donne :

$$v = \frac{m v_0 + m' v'_0}{m + m'} - \frac{(v_0 + v'_0) m'}{m + m'}$$

$$v' = \frac{m v_0 + m' v'_0}{m + m'} + \frac{(v_0 + v'_0) m}{m + m'}$$

La formule est parfaitement exacte, tout à fait conforme aux exigences de Leibniz. Elle est obtenue par les méthodes de Mariotte et tirée de ses expériences.

Voilà où en est la mécanique cartésienne. Et Malebranche met le comble à notre étonnement en ajoutant, par manière de conclusion : « Apparemment, je me suis « trompé dans les secondes lois, et je ne prétends pas « avoir rien établi dans les troisièmes. Mais il me semble « que j'ai suffisamment prouvé et expliqué les pre- « mières, et ce sont les seules qu'on avait quelque droit « de me demander. »

CHAPITRE VI

Nouvelles instances de Leibniz

Leibniz, jugeant insuffisantes les concessions qui lui étaient faites, envoya à Malebranche, à la fin de 1692, « quelques remarques » sur son traité (1).

Ces remarques, faites suivant la méthode que Leibniz appelle « a posteriori » (c'est-à-dire qui consiste à juger « par dehors » et sur l'accord réciproque formel des conséquences plutôt que sur le contenu des principes), sont fort pénétrantes. Nous en donnerons des extraits étendus. Elles portent seulement sur les *Premières lois* de Malebranche.

« Remarques.

7. « Il paroist qu'il n'est pas possible de réduire ces « trois règles à une seule commune, ce qui serait pour-
« tant le plus convenable (2) et me paroist faisable ou
« plustost fait. »

8. « En comparant ces règles ensemble, il paroist
« peu convenable (2) que la quantité du mouvement
« total entre dans la seconde règle et point dans les
« deux autres ; item que la vistesse respective (3) entre
« dans la premiere et derniere et point dans la seconde ;
« au lieu qu'il semble, que la quantité de mouvement

(1) GERHARDT, *Phil.*, I, pp. 346-349, sous le titre de *Beilage*.

(2) Conforme au principe de *convenance* qui veut que toute modification des données s'exprime par une modification correspondante des résultats.

(3) Relative.

« devrait entrer par tout, et la vistesse respective aussi
« par tout, chacune avec certaines distinctions con-
« venables (1).

9. « On est surpris encor de voir, qu'il n'y a point
« de ressemblance dans le resultat entre la seconde et
« troisième regle, quoyqu'elles soyent tousjours à demy
« d'accord *in datis* ; au lieu que, dans la premiere et
« derniere, soit que les donnés s'accordent à demy, ou
« point du tout, la maniere de determiner les résultats
« est toujours la même ; cela paroist contraire à la
« grande regle de l'ordre qui veut, *dati ordinati etiam*
« *quæsitæ esse ordinatæ et consentaneæ* (2).

10. « Il paroist singulier aussi que dans la première
« et troisième regle, c'est le corps *b* multiplié par la
« vistesse respective, qui fait le choc, et que cette même
« prerogative de faire le choc sans le concours de la
« grandeur de l'autre corps n'est jamais accordée au
« corps *a* qui est pourtant le plus grand pour l'ordi-
« naire (3). Mais cette singularité pourroit estre excusée,
« s'il n'en naissoit un grand mal, que voicy :

11. « C'est qu'on oseroit presque dire qu'une telle
« determination du choc, où la grandeur de l'un des
« corps donnés n'entre point du tout dans la valeur du
« resultat, est impossible. Elle devrait pourtant arriver
« selon la premiere et troisieme regle, où la grandeur du
« corps *a* n'entre point dans la valeur du choc *x*.

12. « Plusieurs trouveront encor estrange et tien-
« dront pour un grand inconvenient, ce qui en resulte
« dans la premiere regle, selon laquelle un même corps
« *b* ne sera point choqué par un corps *a*, qui luy est égal,

(1) « *Mutatis mutandis* ».

(2) Enoncé du principe de l'ordre ou de l'harmonie ou de la convenance que nous connaissons déjà : l'ordre des données doit se retrouver dans l'ordre et l'harmonie des solutions. Autrement dit, l'ordre et l'harmonie des solutions doit exprimer celui des données. Ce qu'on trouvera doit exprimer ce qu'on sait déjà. L'obscur exprime le clair, etc...

(3) C'est-à-dire en général, puisque *a* est supérieur ou égal à *b*.

« que par un corps A , qui lui est extrêmement supérieur,
« pourveu que la vîtesse d' A n'excede pas celle d' a ;
« mais comme dans la cinquième page on est allé au
« devant de cette objection, en temoignant qu'on n'y
« trouve point d'inconvenient, j'ay voulu donner à
« considerer la difficulté que voicy : Soyent... trois corps
« egaux b , m , n et b en repos soit choqué en même temps
« avec la même vîtesse par m et par n . Si m choque
« autant qu' $m + n$, donc n ne fera rien, or, il n'y a pas
« plus de raison de le dire du corps n que du corps m ,
« ils ne feront donc rien tous deux, ou bien il faut dire
« qu'ils font plus ensemble que chacun ne feroit à part
« et seul (1).

13. « Mais il est important surtout de remarquer,
« que la premiere regle ne s'accorde point avec la seconde,
« dans le cas où elles doivent concourir, selon la methode
« dont je me sers dans les *Nouvelles de la Republique*
« des lettres contre les loix du mouvement de M. des
« Cartes, en concevant l'égalité comme un cas particu-
« lier de l'inegalité, mais où la difference est infiniment
« petite (2). Par cet artifice, je fais que deux regles diffé-
« rentes et qui d'ailleurs parlent de cas differens, doivent
« avoir lieu en même temps dans ce cas d'intersection
« ou de croix, ce qui donne une equation, laquelle ne
« reussissant point et n'estant point identique, c'est
« une marque asseurée que les regles ne sont pas encore
« tout à fait ajustées.

14. « Suivant cette méthode, soit $a c$ egal à $b e$ et
« les mouvemens soient contraires, donc, selon la
« premiere regle, $a c$ estant egal à $b e$ ou prevaillant d'un
« excès infiniment petit, le choc sera $b c + b e$, donc
« puisqu'icy ces deux cas sont equivalans, $b c + b e$

(1) Application du principe de raison : Si m n'a point d'action, il n'y a pas de raison pour que n en ait. Ils n'en ont ni l'un ni l'autre. Ou alors il faut qu'ils en aient l'un et l'autre.

(2) Application du principe de continuité.

« sera égal à $a c + b e$, ce qui est impossible, excepté
« dans le seul cas où les deux corps sont égaux, et leurs
« vistesses par consequent aussi, puisqu'icy $a c$ est sup-
« posé égal à $b e$.

15. « Les principes de la *logique réelle* ou d'une
« certaine *analyse generale* (1) indépendante de l'Algèbre,
« dont je me suis servi icy, pour mettre des règles ou
« théorèmes à l'épreuve *a posteriori*, sans pourtant
« recourir aux expériences des sens, n'ayant gueres
« esté employés auparavant, je ne m'étonne point que
« d'excellens hommes, comme Descartes et l'auteur de
« la *Recherche de la Vérité*, n'y ont pas encor pris garde.
« Si ce célèbre auteur leur donnera son approbation, on
« sera d'autant plus porté à les observer doresnavant. »

Malebranche répondit à ce billet le 8 décembre 1692 (2).
Il n'était nullement persuadé. D'abord, il n'avait pas
abandonné le principe de la conservation du mouvement.
« Si j'ai supposé ce principe, c'est qu'il me paroît plus
« conforme à la raison que tout autre, et que tout ce
« que j'ai vu qu'on a écrit au contraire ne m'a pas paru
« convaincant... »

Ensuite il manifestait, à l'égard du principe qu'il ne
voulait pas abandonner, aussi bien qu'à l'égard de tout
autre, qu'il pourrait être amené à professer, par la
suite, sur le même sujet, une indifférence métaphysique
complète. « Les premières loix du mouvement... ne
« sont que pour ceux qui recoivent ce principe, que la
« même quantité de mouvement se conserve dans
« l'univers. » Autrement dit, le principe cartésien est

(1) Cette *logique réelle* dont il s'agit ici et dont le nom est opposé à celui de la *logique formelle*, est une méthode pour déterminer les concepts fondamentaux, sources des existences et des essences à la fois. Leibniz énoncera, dans la *Monadologie*, les deux principes fondamentaux de cette *logique réelle* : le principe de contradiction et le principe de raison suffisante (art. 31 et 32).

L'analyse générale est une méthode démonstrative aussi puissante que celle de l'algèbre, mais plus générale, applicable à la métaphysique ; la *caractéristique universelle* est l'algorithme de cette analyse générale.

(2) GERHARDT, *Phil.*, I, pp. 343-346, Lettre IX.

un postulat plausible, mais qu'on peut abandonner sans regret.

Il ne voyait pour l'instant aucune raison de l'abandonner, ni de corriger ses « premières loix », et voici comme il les défendait :

Leibniz lui avait reproché de ne pas faire entrer la masse du corps choquant pour déterminer, dans la première et la troisième lois, la force du choc. Malebranche répondait à cela que « les corps ne se poussent dans le choc que parce qu'ils sont impénétrables », et non parce qu'ils sont élastiques. Donc, lorsqu'un corps plus gros en heurte un plus petit qui est immobile, si le plus petit cède, la masse du plus gros n'intervient pas et il ne transmet au plus petit que sa vitesse, parce que, dans la mécanique abstraite, n'intervient pas l'élasticité, qui est un effet propre de la matière, de la masse. On voit la position fautive de la mécanique cartésienne, contrainte mais empêchée de faire entrer en compte la matière comme telle.

Du même principe résultait qu'il n'y a point de réaction du choqué sur le choquant ; la matière est absolument rigide, l'impulsion s'y transmet instantanément et, par conséquent, ne saurait s'y composer en deux sens opposés. « En supposant... que les corps « soient infiniment durs..., un corps ne peut recevoir « en même temps deux mouvements contraires dans « ses parties, ce qui arrive aux corps durs à ressort, « dont la partie choquée recule dans le même temps « que celle qui lui est opposée avance, ainsi que je l'ai « expliqué dans les secondes loix, qui sont, à cause de « ce fait, bien différentes des premières. Or, si un corps « ne peut en même temps recevoir deux mouvements « contraires, il est clair que le plus faible ne peut rien « donner de son mouvement au plus fort, et que son « action retombe toute sur lui. »

Les infractions à la loi de continuité laissaient, cette

fois, Malebranche presque indifférent. « A l'égard de la
« difficulté que vous tirez de ce qu'une difference infini-
« ment petite dans le donné change tout à fait le résultat,
« à cause que si je dis que si $m = 4$, par exemple, choque
« $4m$ » (c'est-à-dire si $m = 1$ choque $m' = 4$, les vitesses
« étant respectivement $v_o = 4$ et $v'_o = 1$) « chacun
« doit rejaillir comme il est venu, mais que, si $m = 4$
« prévaut d'une quantité de force infiniment petite,
« il doit demeurer en repos, et donner à $4m$ tout son
« mouvement, ce qui est contraire à votre méthode, il
« est clair néanmoins que cela doit être ainsi... »

Leibniz tenait essentiellement à prouver à Malebranche que la quantité scalaire qui se conserve dans le choc, n'est pas la quantité de mouvement, mais la quantité de force vive. Aussi revint-il sur la question dans sa réponse à Malebranche (1) :

« Quant aux regles du mouvement, nous convenons
« que le force ne se perd point, mais il s'agit de sçavoir
« si cette force, qui se conserve, doit estre estimée par
« la quantité du mouvement, comme on le croit vul-
« gairement... Supposons que plusieurs corps commu-
« niquent seuls ensemble durant quelque temps ; mon
« opinion est qu'ils gardent toujours la même force en
« somme, non obstant leur communication, c'est-à-dire,
« selon moy, que si leur force estoit employée (jusqu'à
« sa consomtion) à élever quelque corps pesant, soit
« qu'on la voulust employer avant ou après la com-
« munication, l'effet seroit toujours équivalent, et se
« réduiroit tousjours à élever une même pesanteur à
« une même hauteur, ou à produire quelque autre effect
« déterminé. Mais je choisis la pesanteur comme la plus
« commode. Cela estant accordé, je démontre que la
« même quantité de mouvement ne se conserve point.
« Je démontre aussi, que si deux cas, qui selon la

(1) GERARDT, *Phil.*, I, Lettre XI, pp. 349-352. Elle date du 27 décembre 1694,

« notion vulgaire de la force sont équivalents, se succé-
 « doient, il y auroit le mouvement perpetuel mécanique.
 « Par exemple, s'il arrivoit que toute la force d'un
 « corps *A* de 4 livres de poids et d'un degré de vitesse,
 « estoit transférée sur le corps *B* d'une livre de poids,
 « et que le corps *B* devroit alors recevoir 4 degrés de
 « vitesse selon l'opinion vulgaire, je demonstre qu'on
 « auroit indubitablement le mouvement perpetuel (1).
 « Et par conséquent, *A* et *B* ne sont point égaux en
 « force, et généralement je dis que de deux hypothèses
 « *L* et *M*, celle d'*M* a plus de force, si, en supposant *M*
 « produite par *L*, on pourroit venir au mouvement
 « perpetuel, Et pour eviter cette absurdité, c'est dans ce
 « sens, que la force qui se conserve doit estre entendue ».

Leibniz maintient le principe de continuité contre son correspondant : « Il semble que la nature de la
 « continuité porte nécessairement avec elle, que le cas
 « de l'inégalité continuellement diminué se doit perdre
 « dans le cas de l'égalité. Et on le pourrait rendre palpable

(1) L'évaluation de la force par le pouvoir ascensionnel a été empruntée par Leibniz à Huyghens qui l'avait employée pour calculer les lois du choc. Cf. BRUNSCHVIG : *L'expérience humaine et la causalité physique*, pp. 213-214. Cf. HUYGHENS : *De motu corporum ex percussione* (t. II des *Œuvres posthumes*, Amsterdam 1728) : « Propositio undecima ; Duobus corporibus sibi mutuo occurrentibus, id quod efficitur ducendo singulorum magnitudines in velocitatum suarum quadrata, simul additum, ante et post occursum æquale invenitur... » Cette proposition est établie au moyen du principe suivant qui sert à démontrer l'une des propositions fondamentales, la 7^e : il faut que le système formé par les corps soit capable, avant comme après le choc, de remonter à la même hauteur, autrement dit que leur centre de gravité commun garde, après comme avant le choc, la même force ascensionnelle. Leibniz a seulement généralisé le théorème de Huyghens, lequel date de 1663 et a été publié en 1669.

Dans l'exemple analysé ici, le corps *A* ayant, en vertu de sa vitesse acquise, la force de monter sa masse de 4 livres à la hauteur *h*, devrait, en transférant sa force au corps *B*, permettre à ce dernier d'élever sa masse d'une livre à la hauteur 4 *h*. Or, si l'on admet, comme les cartésiens, qu'il transfère au corps *B* la vitesse 4, comme, suivant la loi de Galilée, l'espace parcouru en remontant est proportionnel au carré de la vitesse initiale, la hauteur à laquelle *B* remontera sera 16 *h* ; il y aura donc création absolue de force, ou, comme dit Leibniz, mouvement perpétuel.

On a ici à peu près la réfutation du principe cartésien qui se trouve dans la « *Brevis demonstratio* » et dans le *Discours de Métaphysique* (§ 17).

« par une délinéation, comme j'ay fait dans certaines « remarques sur une partie des *Principes* de M. des « Cartes. » Il fait allusion ici à ses *Animadversiones in partem generalem Principiorum cartesianorum* (1), qui sont une série de critiques opposées, articles par articles, aux deux premiers livres des *Principes*. Naturellement, les articles ou *contre articles* 46 et 53 de la 2^e partie sont relatifs aux loix du choc. L'article 53 contient une tentative très curieuse pour figurer par une « *delineatio* », c'est-à-dire un graphique parlant, le défaut le plus immédiatement apparent des loix de Descartes, la discontinuité. Leibniz, prenant 3 cas simples, celui de deux corps égaux qui ont des vitesses égales, opposées ou de même sens, ou dont l'un est en repos, porte en abscisse la vitesse de l'un des corps avant le choc (l'autre étant fixée) et en ordonnée la somme algébrique des vitesses après le choc. En appliquant ses propres loix, Leibniz trouve une ligne « *concinna* » (cohérente) qui est une droite. L'application des règles de Descartes donne une courbe « *monstrosa* » composée de trois éléments discontinus et d'un point extérieur. Telle est la « délinéation » à laquelle Leibniz fait allusion ici.

Mais, quoique Leibniz revienne sur la loi de continuité, il est beaucoup plus préoccupé de réfuter le principe cartésien de la conservation du mouvement. Cette réfutation suffit, en effet, selon lui, à montrer qu'il y a autre chose, dans les corps, que l'étendue, c'est à savoir qu'il y a des âmes ou formes substantielles. Et il tente encore une fois de le montrer à Malebranche.

Lui aussi, autrefois, a essayé de construire une mécanique purement cinétique. C'était dans les *Theoriæ* de 1671 : « Au commencement de mes études mathématiques, je me fis une théorie du mouvement absolu,

(1) GERHARDT. *Phil.*, IV, pp. 251-252 et 350-392.

« où, supposant qu'il n'y avoit rien dans le corps que « l'étendue et l'impénétrabilité, je fis des règles du « mouvement absolu que je croyais véritables. » Il s'était bien aperçu que de ces règles résulteraient des corollaires contraires à l'expérience (notamment celui-ci que, en valeur absolue, la force disponible diminue dans le monde puisque « deux efforts égaux contraires dans un même sujet dégénèrent en repos »). Mais, dit-il, « j'espérois les pouvoir concilier avec les phénomènes par le moyen du système des choses », c'est-à-dire par une hypothèse physique, celle des bulles élastiques. « Mais j'ay reconnu depuis que cela ne se peut. » On peut ajouter que, sous la direction de Huyghens, il a reconnu que les lois véritables du mouvement sont à la fois « *realia et exacta* », expérimentales et rationnelles, et que ce ne sont pas celles du cinétisme cartésien. Et, conclut-il, « j'ay employé cela même dans le *journal des Sçavans*, 18 juin 1691, pour prouver que la notion « de l'étendue ne suffit pas pour expliquer ce qui se « passe dans le corps. » Puisque la mécanique cinétique est la seule qui prétende expliquer le mouvement sans la matière, et qu'elle échoue, il faut donc résolument reconnaître qu'il n'y a point de mécanique sans matière, de mécanique portant uniquement sur l'étendue et le mouvement, et, par conséquent, que la science même postule l'existence de formes substantielles distinctes de l'étendue et du mouvement. L'étendue et le mouvement sont objets de l'imagination, non de l'entendement.

Leibniz tenait beaucoup à convertir Malebranche aux formes substantielles en obtenant de lui le désaveu de la mécanique cartésienne. Et il se dépitait peut-être un peu de n'y point parvenir ; en tous cas, c'est à Malebranche qu'il fait allusion assez sévèrement dans un article des *Acta*, paru en 1695, c'est-à-dire quelques mois après la lettre que nous venons d'analyser. Dans cet article, connu sous le nom de *Specimen dynamicum*,

Leibniz montre que le mouvement pur n'est pas une réalité complète, mais suppose un substrat métaphysique ; — et il ajoute « Quod vero hodie, egregii « quidam viri, hoc ipsum videntes, vulgarem nempe « materiæ notionem non sufficere, *deum* accersunt « ἀπὸ μηχανῆς vimque omnem agendi auferunt rebus... « assentiri non possum » (1). Voilà donc le Dieu de Malebranche, le Dieu de l'occasionalisme, appelé un « *deus ex machina* » parce qu'il est, pense Leibniz, chargé d'expliquer précisément l'inexplicable, de justifier par son seul nom et sa seule autorité un fait pur, le fait des lois du mouvement. De l'occasionalisme, Leibniz garde la partie critique, ce qui est dirigé contre la causalité transitive : « (concedo) « substantiæ unius creatæ in aliam influxum proprium « nullum esse si res ad metaphysicum rigorem exigatur. » Mais il en refuse la partie constructive, celle qui fait de Dieu la cause véritable du mouvement, au préjudice des âmes, des forces.

Aussi, ayant l'occasion d'écrire à Malebranche en octobre 1698 (2), Leibniz, en même temps qu'il félicitait Malebranche de sa bonne foi et le traitait avec honneur et, en quelque sorte, de maître à maître, tenait à marquer que Malebranche avait, dans son traité de 1692, cédé à ses raisons, et à faire encore des réserves, en ajoutant « qu'il n'auroit pas bonne grâce d'y insister. » Et plus loin il ajoutait ceci, qui rappelle, sous une forme estompée et courtoise, ses critiques du *Specimen dynamicum* : « Vos beaux écrits, mon Révérend Père, ont rendu les hommes *beaucoup plus capables* qu'ils n'estoient auparavant, *d'entrer* dans les vérités profondes. » Le malebranchisme est l'antichambre de la vraie philosophie.

(1) DUTENS : III, p. 321.

(2) GERHARDT : *Phil.*, I, p. 354, Lettre XII. Hanover, 2/12 octobre 1698.

CHAPITRE VII

Troisième forme des lois du choc

(1698)

C'est à ce moment que se produisit un coup de théâtre. Malebranche, répondant, le 13 décembre 1698 (1), à la lettre précédente, annonçait à Leibniz qu'il avait encore changé ses lois du choc.

« ... En relisant à la campagne, où j'avois quelque
« loisir, le méchant petit *Traité de la communication*
« *des mouvements*, et voulant me satisfaire sur les
« troisiemes loix, j'ai reconnu qu'il n'étoit pas possible
« d'accorder l'expérience avec ce principe de Descartes,
« que le mouvement absolu demeure toujours le même.
« J'ai donc tout changé ce traité ; car je suis maintenant
« convaincu que le mouvement absolu se perd et s'aug-
« mente sans cesse, et qu'il n'y a que le mouvement
« de même part qui se conserve toujours le même dans
« le choc J'ai donc tout corrigé ce traité, mais je ne
« sçai pas encore quand on le reimprimera (2). Je vous
« dis ceci, Monsieur, afin que vous continuiez d'être
« persuadé que je cherche sincèrement la vérité, et que
« je mérite en partie, par cette disposition de mon esprit,
« que vous continuiez de m'aimer autant que je vous
« honore... »

(1) GERHARDT : *Phil.*, I, pp. 355-356, Lettre XIII.

(2) Il fut joint à toutes les éditions de la *Recherche* à partir de la cinquième. Paris, Michel David, 1700.

Voilà donc la seconde fois que Malebranche retouche ses lois de la communication des mouvements, et, les deux fois, c'est à l'instigation de Leibniz. La première fois, il avait essayé de satisfaire à la loi de continuité. Cette fois, il abandonne le principe cartésien de la conservation du mouvement. Il l'abandonne en ce sens qu'il l'interprète algébriquement, c'est-à-dire qu'il donne aux vitesses v_o , v'_o , v , v' , un sens algébrique. Il admet donc que la quantité de mouvement, en valeur absolue, peut changer sans cesse et que seule la somme algébrique reste constante. Si l'on y réfléchit bien, cette interprétation algébrique de la vitesse est impliquée par la relativité du mouvement : un corps *n'est pas* en repos ou en mouvement ; *il y a* du repos ou du mouvement dans un *système* de corps. Si l'on considère, par exemple, deux corps de même masse se précipitant l'un vers l'autre avec la même vitesse, le $m v$ total est nul, parce que le *système* mécanique qu'ils forment est en repos. Malebranche n'a pas donné la raison que nous venons de donner. Mais il en a donné une autre qui s'y ramène aisément. Après avoir dit que le nouveau principe est conforme à l'expérience, il ajoute qu'il est aussi plus digne de Dieu, car il implique que « le centre de pesanteur de plusieurs corps qui se choquent... se meut toujours de la même vitesse avant ou après le choc » (1), ce qui signifie que le monde est en équilibre immobile ou en mouvement rectiligne uniforme.

Cette proposition est empruntée à Mariotte (2), mais généralisée avec beaucoup de pénétration; Mariotte a seulement établi que « le centre commun de pesanteur de deux boules qui sont poussées pour se choquer avec des vitesses uniformes, se meut toujours selon la même

(1) § XIV, fin.

(2) MARIOTTE, *op. cit.* 2^e partie, Prop. IV, pp. 62-64.

« direction et avec la même vitesse devant et après « le choc. » Malebranche a appliqué à l'univers ce que Mariotte disait de deux boules.

Nous disons que l'interprétation algébrique du principe de la conservation de $m v$ était imposée par la conception relativiste du mouvement. Pourquoi Descartes n'avait-il pas accepté cette conséquence si évidente de sa mécanique ? Parce qu'il lui fallait rendre compte de la solidité de la matière sans sortir de la cinématique ; et, pour cela, il avait été amené à donner au mouvement et au repos, à la fois, un caractère absolu. Mais le mouvement et le repos ne sont que des êtres relatifs : « le mouvement, si on n'y considère que ce qu'il comprend précisément et formellement, c'est-à-dire un « changement de place, n'est pas une chose entièrement « réelle », écrit Leibniz dans le *Discours de Métaphysique* (art. 18), « et quand plusieurs corps changent de situation entre eux, il n'est pas possible de déterminer, « par la seule considération de ces changements, à qui « entre eux le mouvement ou le repos doit être « attribué... »

Malebranche donne donc cause gagnée à Leibniz, et sa nouvelle interprétation équivaut à une faillite de la mécanique cartésienne. Il est vrai que Malebranche n'a pas manqué, dans la première partie de son traité de 1698 (1) (qui figurera dans toutes les éditions de la Recherche à partir de la 5^e, publiée chez Michel David en 1700) de reproduire les premières lois du traité de 1692, régissant les corps durs par eux-mêmes et dans le vide, destinées à « ceux qui reçoivent le principe « de M. Descartes. » C'est montrer encore une fois une belle indifférence aux principes de la mécanique.

Malebranche, d'autre part, n'a pas encore accepté le principe de la conservation de la force vive. Mais ce

(1) Édition de Genoude, de Lourdoueix, T. I, pp. 261-266.

principe résulte des lois qu'il formule dans la seconde partie de son traité. Ces lois régissent les « corps durs par ressort ». Malebranche a, pour le guider dans son calcul, les lois trouvées par Mariotte. Il les avait déjà en 1692. Seulement, alors qu'en 1692 il déclarait ne pas les bien comprendre, à présent il les trouve parfaitement rationnelles (1). Il donne, pour les trouver, un procédé de calcul excellent, quoiqu'un peu compliqué, et qui consiste à traiter d'abord les deux corps en présence comme des corps mous, puis à calculer le ressort en partageant la vitesse relative d'une façon inversement proportionnelle aux masses. D'autre part, il fait remarquer que, comme l'expérience et le calcul le montrent à la fois, lorsqu'on relance l'un contre l'autre deux corps qui viennent de se choquer, en leur conservant la vitesse qu'ils viennent d'acquérir par le choc, ils reprennent, après le second choc, les vitesses qu'ils avaient respectivement avant le premier. Les lois du choc sont donc régies par un principe conservateur particulier. Il est aisé de voir que c'est le principe de Leibniz.

Ce principe, Leibniz le recommandait encore une fois à Malebranche dans la réponse qu'il fit, en mars 1699 (2), à la lettre de décembre 1698 que nous venons de citer.

« Vous convenés maintenant avec moy qu'il ne se
« conserve pas la même quantité de mouvement absolu,
« mais du même costé, ou, comme je l'appelle, la même
« quantité de direction. Mais il faut pourtant que je
« vous dise que je crois qu'il se conserve encore la même
« quantité, non seulement de la force absolue, mais
« encore de l'action motrice absolue, que j'ay trouvée
« entièrement différente de ce qu'on appelle la quantité

(1) Le traité de 1692 ne nommait pas Mariotte ; celui de 1698 le nomme.

(2) GERHARDT : *Phil.*, I, p. 357, Lettre XIV.

« de mouvement, en me servant d'un raisonnement qui
« m'a d'autant plus surpris qu'il est aisé et clair, et tiré
« des plus simples notions, sans supposer ny poids
« ny ressort. »

Sur ce point là encore, Leibniz avait, au fond, cause gagnée.

Il faut mentionner un dernier amendement que Malebranche apporta à sa théorie de la matière. On sait qu'en 1699 il présentait à l'Académie des sciences, dont il venait d'être nommé membre honoraire, un mémoire sur « la lumière et les couleurs et la génération du feu » (1). Dans ce mémoire, il modifiait notablement la représentation cartésienne de l'éther qu'il avait conservée d'abord. Descartes se représentait « la matière de notre tourbillon » ou « second élément » — la matière éthérée, ainsi que l'appelle Malebranche — comme composée de boules. On se rappelle que, selon l'opinion que Malebranche professait en 1675, ces boules bombardent les corps grossiers, ce qui explique la cohésion de ceux-ci. Mais que sont elles-mêmes ces boules ? Malebranche ne se l'était pas d'abord demandé. Maintenant, il voit bien qu'il lui faut donner une explication. Ces boules ne sauraient être solides par elles-mêmes. Malebranche a imaginé une explication qui revient, en somme, à celle des « bulles » de Leibniz : les boules sont de « petits tourbillons » dont la dureté, sans doute, est la force centrifuge (2).

Le Mémoire de 1699 a passé dans la *Recherche* sous le titre de *XVI^e Eclaircissement*, et, dans la sixième édition (1712), Malebranche l'a considérablement allongé. Or, un des premiers buts du supplément est de compléter l'hypothèse des tourbillons (3). Malebranche admet

(1) *Histoire de l'Académie royale des Sciences*, année MDGXCIX, 2^e partie, 3^e éd. Paris MDCCXXXII, *Mémoires*, pp. 22-36.

(2) *Ibid.*, p. 22.

(3) § XIV, vers le milieu.

que chacun d'eux est composé de tourbillons plus petits à l'infini. « Il est nécessaire que (les parties de la matière « subtile) se divisent sans cesse, et forment de petits « tourbillons, et dans ceux-ci d'autres encore plus « petits, et même encore d'autres moins durables dans « les intervalles concaves que laissent entre eux les « tourbillons qui se touchent. Tout cela, parce que la « matière est divisible à l'infini, et que chaque partie « ne fait par elle-même nulle résistance à être divisée, « puisque le repos n'a point de force et que la dureté « des corps ne vient que du mouvement de ceux qui « les compriment. »

Mais, dans cette explication qui va à l'infini, dire que la solidité s'explique par le mouvement, cela n'a plus de sens.

On peut tout aussi bien dire que le mouvement suppose la solidité. Mouvement et matière deviennent deux réalités distinctes. Là encore, le cinétisme cartésien est caduc.

CONCLUSION

Nous voyons Malebranche conduit peu à peu à constater avec « ingénuité », sous la suggestion de Leibniz, la faillite de la mécanique cartésienne.

La mécanique cartésienne est caractérisée par ce fait qu'elle ne reconnaît rien dans la matière qu'étendue pure. Or, une telle matière est ou bien infiniment rigide, ou bien infiniment fluide.

Descartes a choisi l'hypothèse de la rigidité infinie. De là ces étranges lois, du choc dans lesquelles les corps, n'ayant pas de ressort, ne réagissent pas et restent ainsi collés l'un à l'autre après le choc, dans lesquelles surtout le plus gros, immobile, repousse le choc du plus petit sans en être ébranlé. Le monde de Descartes est un monde où les actions se transmettent instantanément, mais en riquant toujours de s'arrêter devant des masses trop grosses, dont l'inertie peut s'opposer à tout ébranlement (1). Ce monde n'est pas le monde de l'expérience.

Leibniz, partant des mêmes principes, a choisi la fluidité indéfinie : le monde de la mécanique abstraite, tel qu'il le concevait dans sa philosophie de jeunesse, est un monde sans masses et sans consistance. Il a reconnu, après vingt ans, l'impossibilité de rejoindre,

(1) « ... Si un corps en repos brise les élans qui l'assaillent, tous les mouvements durables qui parcourent le monde viendront s'amortir sur le repos « inépuisable que propage cet unique îlot de résistance... Ainsi le monde cartésien se solidifie comme le cosmos de Parménide. » VIGIER : *Les idées de temps, de durée et d'éternité dans Descartes*, *Revue Philosophique*, 1920, p. 210.

en partant de ce monde abstrait, le monde de l'expérience.

Cependant, les savants qui travaillaient sans arrière-pensée philosophique, partant de l'expérience et essayant de lui donner la cohérence rationnelle, Wren, Wallis, Huyghens, Mariotte, parvenaient à trouver des lois du choc à la fois expérimentales et rationnelles, ce qui inspirait à Leibniz cette réflexion qu'il a notée dans les *Animadversiones* : « in veris motus regulis, mirus est consensus rationis et experientiae ».

Malebranche, parti du même point que Leibniz, ce qui nous fait penser qu'ayant, au surplus, pu le lire, il l'a effectivement lu, a été peu à peu amené par Leibniz à abandonner tous les principes caractéristiques du cinétisme cartésien. Il a fini par accepter l'idée d'une matière non point dure, ni fluide, mais élastique, c'est-à-dire capable de céder, mais aussi de réagir, et dans laquelle les mouvements ne sont pas conformes au principe cartésien de la conservation du mouvement, mais au principe leibnizien de la conservation de la force vive.

Les postulats de la mécanique cartésienne obligeaient les cartésiens à aborder la mécanique par un des phénomènes les plus difficiles à comprendre, le choc (1). Ils le croyaient simple et instantané : il est complexe et dure un certain temps.

Toutefois, l'œuvre cartésienne demeure, et même elle a permis d'aborder l'étude du choc. Il est à noter, d'ailleurs, que ce sont surtout des cartésiens qui ont contribué à résoudre la question, car Huyghens, Mariotte sont des cartésiens. La mécanique cartésienne a mis au premier plan la constance de la quantité de mouvement ; elle a ainsi permis la découverte des vraies lois

(1) « Cette idée de percussion... était délicate et... des notions exactes de calcul différentiel étaient indispensables pour la bien comprendre. » BOUASSE : *Introduction à l'étude des théories de la mécanique*, p. 217.

du choc, qui supposent cette constance. Il a suffi de bien calculer la quantité de mouvement, puis d'ajouter l'effet du ressort pour avoir les vraies lois. Descartes était sur la voie : malgré les défauts qu'il présente, son exposé « est bien près d'être parfait » (1).

D'autre part, dans la mécanique cartésienne, l'erreur qui consiste à traiter le produit $m v$ comme une quantité scalaire enferme une vérité ; les cartésiens « ont cru » dit Leibniz, « que ce qui se peut dire de la force se « pourrait dire aussi de la quantité de mouvement » (2). Mais, ils ont raison s'il s'agit de la « force » c'est-à-dire de la *force vive*. Rectifions l'énoncé du principe cartésien en évaluant algébriquement la quantité de mouvement, et ajoutons le principe Leibnizien qui en est, en somme, intellectuellement issu, et nous aurons les lois du choc.

En dehors de la dynamique du choc, il faut citer à l'honneur de Descartes son *Traité des engins* et la définition du travail qui le précède, et il importe de remarquer que c'est de cette définition que le principe leibnizien est sorti (3).

Tel est l'héritage que Descartes a légué à Leibniz. Il faut ajouter : à *Newton*, puisque la loi d'inertie et la notion de la quantité de mouvement sont fondamentales dans la mécanique newtonienne (4) et sont cartésiennes.

Or, Malebranche, avec sa modestie patiente, a contribué à faire reconnaître la part cartésienne dans la mécanique de son temps : parti du principe de la conservation du mouvement et du principe d'inertie, il en a

(1) PIERRE BOUTROUX : in *Revue de Métaphysique*, 1921, p. 676.

(2) *Discours de Métaphysique*, § 17.

(3) *Ibid.*, « Je suppose qu'il faut autant de force (travail) pour élever un corps A d'une livre à la hauteur CD de 4 toises, que pour élever un corps B de 4 livres à la hauteur EF d'une toise. Tout cela est accordé par nos nouveaux philosophes. »

(4) NEWTON : *Philosophiæ naturalis principia mathematica* ; dans JOUGUET : *Lectures de mécanique*, 2 vol. Paris, Gauthier-Villars, 1924. Voir la définition de la quantité de mouvement, p. 4, et le principe d'inertie, pp. 15 et 16 du t. II.

fait le plus judicieux usage, amendant le premier au fur et à mesure qu'il le reconnaissait nécessaire, de façon à garder le contact avec les découvertes de son temps et à montrer que la méthode cartésienne était un instrument intellectuel de grande valeur (1).

Il faisait, en même temps, discrètement, le sacrifice de ce qui n'était, dans le cartésianisme, que préjugés ou phobies : le préjugé contre la notion statique de la force (2), réputée trop scolastique, la phobie de l'infini mathématique. Malebranche admettait dans la matière subtile une « compression » qui est une force statique, et il supposait dans les parties de cette matière une division à l'infini (3).

Il a pensé que, ces sacrifices faits, l'essentiel du cartésianisme restait et qu'une nouvelle conception de la mécanique ne l'obligeait pas à un renouvellement de la philosophie. L'essentiel du cartésianisme c'était, pour lui, que « tous les changements qui arrivent dans les « corps n'ont point d'autre principe que les différentes « communications des mouvements qui se font dans les « corps visibles ou invisibles » (4). Autrement dit, que l'efficacité des causes consiste dans les lois et par conséquent dans la législation de Dieu.

Si nous avons le droit de conclure des lois à Dieu, c'est parce que ces lois sont intelligibles. « L'étendue intelligible », qui est la source des lois, « l'archétype de la matière » est inépuisable, infinie. Elle contient « le lieu de cent mille mondes. » Elle est immuable, nécessaire,

(1) (Les gens qui rejettent la philosophie de M. Descartes) « s'imaginent que « des principes si clairs et si simples ne sont pas assez féconds pour expliquer « les effets de la nature, qu'ils supposent obscure et embarrassée. » *Recherche*, VI, 2^e partie, ch. 4, éd. citée, I, p. 223.

(2) Les tendances « antidynamistes », dit HAMELIN : *Le système de Descartes*, p. 323.

(3) XVI^e *Eclaircissement*, § XIV, éd. citée, I, p. 369.

(4) XV^e *Eclaircissement*, éd. citée, I, p. 349.

commune à toutes les intelligences (1). Elle est donc en Dieu, et elle est en Dieu précisément parce qu'elle est intelligible.

Si l'on appelle idéalisme la doctrine ou la méthode qui affirme « la prépotence de la pensée », comme dit Hamelin (2), l'occasionalisme implique l'idéalisme et ce que Malebranche a trouvé de plus précieux dans Descartes, c'est l'idéalisme. Que lui importait donc que les lois du choc fussent bouleversées pourvu que les nouvelles fussent rationnelles ? « Dans les règles qui regardent la physique, il faut que les opérations qu'elles prescrivent répondent aux effets naturels et les représentent à l'esprit. Car si le calcul ne s'accorde point avec les opérations de la nature, il est clair que la règle n'est point fondée en raison quoiqu'elle puisse s'accorder quelquefois avec l'expérience. Une telle règle, au lieu de nous conduire à quelque intelligence de la vérité, nous est ordinairement une occasion d'erreur » (3). Or, Malebranche, après avoir longtemps hésité, avait trouvé la raison des nouvelles lois du choc.

Il ne se sentait donc aucune raison d'aller dans le sens du néo-aristotélisme où Leibniz voulait l'entraîner.

Toutefois, si on regarde de plus près aux conditions d'intelligibilité de la science, on ne peut pas ne pas s'intéresser aux destinées des catégories scientifiques engagées dans la querelle. Si nous posons la question de l'intelligibilité des notions de la mécanique comme Descartes et Leibniz la posaient, c'est-à-dire si nous nous demandons : *peut-on concevoir une matière absolument matérielle, c'est-à-dire une matière qui ne soit*

(1) *Entretiens sur la Métaphysique*, 1^{er} entretien. Édition des classiques de la Philosophie, Colin, 1922, t. I, pp. 106-107.

(2) *Système de Descartes*, p. 170.

(3) *Recherche de la vérité*, 5^e et 6^e éditions, après le 6^e livre : « Des lois générales de la communication du mouvement. » § XXVI, éd. citée, I, p. 268.

qu'étendue ? , il semble bien que la réponse doive être négative, comme le voulait Leibniz.

La controverse entre Leibniz et les cartésiens a fait la preuve qu'il n'y avait pas moyen d'identifier la matière avec l'étendue, et qu'on devait faire appel à quelque chose qu'on appellerait force ou énergie et qui, comme dit Leibniz, est, au fond, esprit.

Ici encore, Descartes s'est montré, suivant l'expression célèbre de Hegel, « héroïque » et, ici encore, son héroïsme a servi l'entendement humain. Il a essayé de concevoir une matière qui ne fût que matière et pas du tout esprit, comme il essayait de concevoir des animaux qui ne fussent qu'animaux et pas du tout hommes, et inversement, un esprit qui fût esprit et pas du tout chair. Il a procédé comme les physiciens qui construisent un gaz qui n'est que gaz et pas du tout solide ou liquide, ce qu'ils appellent un « gaz parfait ». Le cartésianisme, c'est la méthode physique du gaz parfait appliquée dans tous les domaines de l'esprit.

En mécanique, l'échec de Descartes a permis de déterminer, par différence, en quelque sorte, les contours d'une notion nouvelle, celle de force. Leibniz brûlait certainement les étapes lorsqu'il l'identifiait avec l'esprit, qui contient autre chose encore. Mais il est bien certain que la force présente avec l'esprit ce caractère commun de ne pas être ici ou là puisqu'elle est partout où s'étend son « champ de force », c'est-à-dire dans tout l'univers, et comme l'a fait remarquer M. Bergson, la conception la plus moderne de la manière aboutit à étendre chaque atome jusqu'aux confins de l'univers.

DENAIN, 28 août 1926.

2 Décembre 1926.

*Le Doyen de la Faculté des Lettres
de l'Université de Paris*

FERDINAND BRUNOT.

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris

PAUL LAPIE.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	9
1. <i>Les lois du choc chez Descartes</i>	14
2. <i>Les lois du choc dans l' « Hypothesis physica nova » de Leibniz</i>	25
CHAPITRE I. — La première forme des lois du choc chez Malebranche (1675-1692).	31
<i>Une nouvelle théorie de la cohésion</i>	34
<i>Lois du choc</i>	37
CHAPITRE II. — La rencontre de Malebranche et de Leibniz	41
CHAPITRE III. — Les instances de Leibniz contre la mécanique de Descartes et de Malebranche. — Le principe de continuité.	45
CHAPITRE IV. — Les expériences de l'abbé Mariotte	61
CHAPITRE V. — La seconde forme des lois du choc chez Malebranche. — L'opuscule de 1692.....	65
CHAPITRE VI. — Nouvelles instances de Leibniz.	71
CHAPITRE VII. — Troisième forme des lois du choc (1698)	81
CONCLUSION	87

